

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA ANIMAL



**Avaliação da Vulnerabilidade da Biodiversidade
Terrestre às Alterações Climáticas e Proposta de Medidas de
Adaptação para o Arquipélago da Madeira**

Mestrado em Ecologia e Gestão Ambiental

Filipa Rosa Efe Vieira de Vasconcelos

Dissertação orientada por:
Professor Doutor Rui Rebelo
Doutora Maria João Cruz

2015

Agradecimentos

Esta dissertação representa o alcançar de um objetivo muito importante na minha vida e o começo de uma nova etapa, em que constaram várias pessoas a quem quero retribuir com um profundo agradecimento por todo o apoio prestado.

Quero agradecer aos meus orientadores Maria João Cruz e Rui Rebelo pela fantástica orientação, suporte e disponibilidade ao longo deste processo.

A todo o grupo de investigação CCIAM, que me acolheu de uma forma fantástica e que me proporcionaram tanto conhecimento, experiência, amizade e alegria, muito obrigada.

A todas as pessoas envolvidas no projeto CLIMA-Madeira, nomeadamente à coordenação do projeto que tanto apoio prestou em todas as fases de trabalho, a todos os especialistas que participaram ao longo do projeto e agentes externos que contribuíram nos *Workshops*. Muito obrigada pela vossa colaboração e disponibilidade.

Um especial agradecimento ao grupo que constituiu o setor da biodiversidade no projeto por toda a aprendizagem, conhecimentos e motivação que me transmitiram e, acima de tudo, pela confiança que tiveram no meu trabalho. Esta dissertação não seria de todo possível sem a vossa ajuda, muito obrigada por tudo.

Quero agradecer a toda a minha família que acreditou em mim, especialmente à minha avó a quem dedico esta dissertação. A todos os meus amigos, com especial ênfase ao meu grupo de amigos preferido composto pela Daniela Teixeira, Joana Vieira, Daniela Casimiro e Frederico Carvalho que me acompanharam nesta jornada pela amizade e motivação nas fases mais difíceis. Obrigada a todos os meus colegas e professores do mestrado em Ecologia e Gestão Ambiental por estes dois anos de muita aprendizagem, alegria e companheirismo.

Por fim, quero agradecer do fundo do coração à pessoa mais especial e que esteve ao meu lado incondicionalmente durante este processo e que sempre acreditou em mim e no meu sonho. Muito obrigada Jorge.

A todos um sincero agradecimento.

Esta tese foi parcialmente financiada por:

- . Projeto CLIMA-Madeira (<http://siam.fc.ul.pt/clima-madeira/estrategia/estr-clima-web.pdf>)
- . Projeto FP7 BASE (*project number* 308337 nº 1221; <http://base-adaptation.eu/>)
- . FCT *Unit funding* (Ref. UID/BIA/00329/2013)

Índice

1. Introdução.....	1
1.1 Alterações climáticas	1
1.1.1 Alterações climáticas no Arquipélago da Madeira.....	3
1.2 Impactos e vulnerabilidade da biodiversidade terrestre às alterações climáticas	
6	
1.3 Adaptação às alterações climáticas	10
1.4 Biodiversidade terrestre na Madeira.....	14
1.5 Enquadramento	16
1.6 Objetivos da dissertação.....	16
2. Metodologia.....	17
2.1 Avaliação da vulnerabilidade da biodiversidade às alterações climáticas	17
2.1.1 Seleção de espécies-alvo	17
2.1.2 Seleção do método de avaliação da vulnerabilidade.....	18
2.1.3 Avaliação da vulnerabilidade das espécies-alvo	21
2.1.4 Análise dos resultados.....	24
2.1.5 Avaliação da vulnerabilidade das espécies associadas aos diferentes	
habitats terrestres.....	25
2.1.6 Avaliação da confiança nos resultados da vulnerabilidade e das principais	
lacunas de conhecimento	26
2.2 Adaptação.....	27
2.2.1 Avaliação do estado atual de conservação dos grupos e habitats terrestres	
27	
2.2.2 Definição de medidas de adaptação	29
3. Resultados.....	31
3.1 Avaliação da vulnerabilidade	31
3.1.1 Vulnerabilidade das espécies terrestres	31
3.1.2 Vulnerabilidade dos grupos terrestres.....	34
3.1.3 Principais fatores de vulnerabilidade	35

3.1.4	Vulnerabilidade dos habitats terrestres inferida a partir da vulnerabilidade das espécies associadas	39
3.1.5	Confiança nos resultados e principais lacunas no conhecimento.....	41
3.2	Adaptação	44
3.2.1	Avaliação do estado atual de conservação dos grupos e habitats terrestres 44	
3.2.2	Vulnerabilidade, conhecimento e estado atual de conservação	52
3.2.3	Medidas de adaptação	54
4.	Discussão.....	65
4.1	Avaliação do método escolhido para a avaliação de vulnerabilidade.....	65
4.2	Vulnerabilidade da biodiversidade terrestre.....	67
4.3	Adaptação	73
5.	Considerações finais	77
6.	Referências bibliográficas	80
7.	Anexos.....	88
	Anexo 1 - Alterações climáticas regionais (variáveis de referência segundo o IPCC). Fonte: Santos & Aguiar, 2006	88
	Anexo 2 - Exemplo do índice CCVI aplicado ao grupo das plantas vasculares	96
	Anexo 3 - Resultados da vulnerabilidade dos grupos taxonómicos por espécie	97
	Anexo 4 - Lista de participantes nos <i>workshops</i>	108

Índice de figuras

Figura 1 - <i>Special Report on Emissions Scenarios</i> (SRES): A1, A2, B1 e B2. Cenários organizados em dois eixos fundamentais: tipo de governação (Regional ou global) e em valores prevaletentes (económicos ou ambientais). Fonte: IPCC 2007.	2
Figura 2 - Evolução temporal das médias das temperaturas máximas (curvas de cima) e mínimas (curvas de baixo) anuais no Funchal e Porto Santo entre 1920 e 2000. Tendências em °C por década. Fonte: Santos & Aguiar 2006.	4
Figura 3 - Precipitação sazonal no Funchal e em Porto Santo. DJF=Dezembro, Janeiro, Fevereiro; SON=Setembro, Outubro, Novembro; MAM=Março, Abril, Maio; JJA=Junho, Julho, Agosto. Fonte: Santos & Aguiar 2006.	4
Figura 4 - Anomalia da precipitação anual para os períodos 2040-2069 e 2070-2099 e para os cenários B2 e A2. Fonte: Santos & Aguiar 2006.	5
Figura 5 - Anomalia da temperatura média anual no final do século XXI para os cenários B2 e A2. Fonte: Santos & Aguiar 2006.	6
Figura 6 - Representação esquemática dos fatores que afetam a vulnerabilidade das espécies às alterações climáticas, com exemplos de fatores que contribuem para os impactos potenciais e capacidade adaptativa. Adaptado de Cruz et al. 2015.	8
Figura 7 - Respostas às alterações climáticas. Fonte: APA 2015b, adaptado de United Nations Environment Programme (UNEP).	11
Figura 8 - Proporção de taxa endémicos (espécies e subespécies) dos vários grupos de fungos, plantas e animais terrestres dos arquipélagos da Madeira e Selvagens. Fonte: Borges et al. 2008.	14
Figura 9 - Séries de vegetação natural potencial da ilha da Madeira. Fonte: Capelo 2004.	15
Figura 10 - Vulnerabilidade das espécies-alvo para todos os cenários e períodos temporais.	33
Figura 11 - Percentagem de espécies-alvo dos diferentes grupos terrestres por classe de vulnerabilidade para o cenário A2 a longo prazo.	34

Figura 12 – Agrupamento das espécies analisadas de acordo com a sua categoria (endémica, exótica e nativa não endémica) e com a sua classe de vulnerabilidade.	
.....	38

Figura 13 - Vulnerabilidade das espécies-alvo associadas aos diferentes habitats terrestres para todos os cenários e períodos temporais.	40
--	----

Índice de tabelas

Tabela 1 - Metodologias utilizadas para a avaliação da vulnerabilidade da biodiversidade às alterações climáticas.....	18
Tabela 2 - Resumo dos vários índices de vulnerabilidade.	19
Tabela 3 - Fatores de exposição direta às alterações climáticas. Anomalia da temperatura e da humidade (Hamon AET:PET) nos cenários A2 e B2 para curto, médio e longo prazo. Dados climáticos produzidos no projeto CLIMAAT II (Santos and Aguiar 2006).	22
Tabela 4 - Escala de vulnerabilidade do índice e correspondência com a escala numérica do projeto CLIMA-Madeira.	24
Tabela 5 - Escala de confiança (%) sobre nos resultados de uma espécie/grupo, calculada a partir da percentagem de células preenchidas com resposta “desconhecida” para cada espécie.	26
Tabela 6 - Critérios e escala de avaliação do estado atual de conservação.	28
Tabela 7 - Correlações entre a importância de cada factor e a vulnerabilidade do conjunto de todas as espécies-alvo e para três grandes grupos taxonómicos: plantas, invertebrados e vertebrados. A negrito estão assinaladas as correlações com $P < 0.001$. O gradiente de cores do verde ao vermelho reflete o aumento da importância da correlação.	37
Tabela 8 - Confiança nos resultados e principais lacunas no conhecimento para os grupos terrestres estudados.	42
Tabela 9 - Avaliação do estado atual de conservação dos grupos e habitats terrestres de acordo com os critérios: planos/ programas/ projetos de conservação e nível de proteção atual.	44
Tabela 10 - Planos/ programas/ projetos de conservação atuais relativos aos grupos e/ou habitats estudados.	46
Tabela 11 – Avaliação do estatuto de ameaça UICN das espécies e inclusão das mesmas em Diretivas Europeias.	49

Tabela 12 – Áreas classificadas ao nível regional e da Rede Natura 2000.	51
Tabela 13 - Tabela resumo que relaciona a vulnerabilidade, o conhecimento e o estado atual de conservação dos grupos e habitats terrestres. A vulnerabilidade varia entre “Muito vulnerável” e “Neutra”; o conhecimento entre “Muito alto (++)” e “Muito baixo (--)” e o estado atual de conservação varia entre “Elevado” e “Reduzido”. O gradiente de cores do verde ao vermelho reflete o aumento da vulnerabilidade e a redução do estado atual de conservação e conhecimento. O asterisco indica que a classe não foi considerada para nenhum grupo ou habitat estudado.	53
Tabela 14 - Medidas de adaptação às alterações climáticas identificadas para a biodiversidade terrestre.....	56
Tabela 15 - Medidas de adaptação selecionadas como prioritárias, consenso na sua priorização, área de atuação e fatores de vulnerabilidade.	63

Resumo

As alterações climáticas são um dos principais fatores ambientais responsáveis pelos impactos significativos na biodiversidade. Os efeitos negativos das alterações climáticas na biodiversidade são já uma realidade nos dias de hoje, podendo estes efeitos agravar-se a longo prazo. Este estudo pretendeu avaliar a vulnerabilidade da biodiversidade terrestre do Arquipélago da Madeira às alterações climáticas e propor medidas de adaptação face às vulnerabilidades identificadas, contribuindo para o desenvolvimento e implementação da Estratégia Regional de Adaptação às Alterações Climáticas para a Região Autónoma da Madeira (RAM).

Para avaliar a vulnerabilidade das espécies dos grupos terrestres às alterações climáticas, foram selecionadas espécies-alvo de acordo com um conjunto de critérios. A avaliação da vulnerabilidade das espécies foi realizada através da aplicação do índice de vulnerabilidade às alterações climáticas CCVI da *NatureServe* (Young et al., 2011), que considera fatores de exposição, de sensibilidade e capacidade adaptativa das espécies. A seleção, avaliação e validação dos resultados realizou-se com a colaboração de especialistas dos diferentes grupos taxonómicos. Esta avaliação permitiu identificar a vulnerabilidade das espécies-alvo e dos vários grupos estudados, os principais fatores de vulnerabilidade, a confiança nos resultados de vulnerabilidade obtidos e as principais lacunas no conhecimento. Foi, também, avaliada a vulnerabilidade dos habitats terrestres através de *expert judgement* recorrendo aos resultados obtidos com modelos bioclimáticos (Cruz et al., 2009), à avaliação da vulnerabilidade das espécies-alvo a eles associadas e ao conhecimento existente acerca do estado atual dos habitats no Arquipélago da Madeira. A avaliação da vulnerabilidade, em conjunto com a avaliação do estado de conservação atual dos grupos e habitats terrestres, permitiu identificar prioridades de conservação e propor medidas concretas.

Foram selecionadas medidas de adaptação compiladas com base nas vulnerabilidades identificadas para os grupos e habitats, na Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas para o setor da biodiversidade (Araújo et al., 2013) e no 1º *Workshop* realizado no Funchal. Num 2º *Workshop*, estas medidas foram validadas e priorizadas por parte dos agentes externos.

Mais estudos serão necessários para colmatar as incertezas dos impactos das alterações climáticas na biodiversidade e as lacunas no conhecimento identificadas, de forma a contribuir para um maior conhecimento científico sobre a vulnerabilidade da biodiversidade terrestre, reduzir os impactos esperados e promover uma melhor e mais eficaz gestão da conservação da natureza.

Palavras-Chave: Biodiversidade Terrestre, Arquipélago da Madeira, Alterações Climáticas, Vulnerabilidade, Adaptação.

Abstract

Climate change is one of the main environmental factors responsible for significant impacts on biodiversity. The negative effects of climate change on biodiversity are already a reality today, and these long-term effects could worsen. This study aimed to assess the vulnerability to climate change of terrestrial biodiversity of the Madeira Archipelago and propose adaptation measures to identified vulnerabilities, contributing to the development and implementation of the Regional Strategy for Adaptation to Climate Change to Madeira Autonomous Region.

To assess the vulnerability to climate change of terrestrial species, target species were selected according to a set of criteria. The assessment of the vulnerability of the target species was carried out applying the vulnerability index to climate change CCVI of NatureServe (Young et al., 2011) that considers exposure factors, and species sensitivity and adaptive capacity. The selection, evaluation and validation of the results was carried out with the collaboration of experts from different taxonomic groups. This assessment identified the vulnerability of the target species and the various groups, the main factors of vulnerability, confidence of the vulnerability results and key gaps in knowledge. It was also assessed the vulnerability of terrestrial habitats made through expert judgment using the information obtained in previous studies with bioclimatic models (Cruz et al., 2009), the assessment of vulnerability of the target species that are confined to those habitats and the existing knowledge about the current state of habitats in Madeira Archipelago. Vulnerability assessment enabled to identify conservation priorities by assessing the current state of conservation groups and terrestrial habitats. Subsequently, this criteria was compared with the knowledge and vulnerability, where were identified the groups or habitats more priority for adaptation.

Adaptation measures were selected, compiled based on identified vulnerabilities for the groups and habitats, on the National Strategy for Adaptation to Climate Change for Biodiversity sector (Araújo et al., 2013) and on 1st Workshop in Funchal. On 2nd Workshop these measures were validated and prioritized by local agents.

More studies are needed to address the uncertainties of climate change impacts on biodiversity and gaps in the identified knowledge in order to contribute to further

scientific knowledge about the vulnerability of biodiversity, reduce the expected impacts and promote better and effective management of nature conservation.

Keywords: Terrestrial Biodiversity, Madeira Archipelago, Climate Change, Vulnerability, Adaptation.

1. Introdução

1.1 Alterações climáticas

O clima da Terra resulta da interação de processos que ocorrem na atmosfera, nos oceanos, na superfície terrestre e na criosfera (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2007). No passado, o clima sofreu variações profundas, essencialmente devido a causas naturais. Por exemplo, durante a última Era glacial a temperatura média global da atmosfera à superfície da Terra era cerca de 5°C a 7°C inferior à atual e o nível do mar encontrava-se entre 100 a 120 m abaixo do que se encontra atualmente (Santos & Miranda, 2006).

No presente, devido às emissões de gases com efeito de estufa (GEE), as alterações climáticas antropogénicas são uma problemática ao nível global. Estas devem-se sobretudo ao incremento da concentração de dióxido de carbono (CO₂) que tem um papel fundamental em termos de forçamento radiativo e que resulta sobretudo da combustão dos combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural) e da desflorestação, que levaram a um aumento de 34% na concentração deste gás desde o valor pré-industrial (280 ppmv) até 2004 (374 ppmv) (Santos & Miranda, 2006).

Desde o início do século XX foi observado um aumento de $0.6^{\circ} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ da temperatura média global da atmosfera à superfície, sendo este aumento superior em algumas regiões continentais como a Europa, onde o aumento foi de 0.95°C (Santos & Miranda, 2006). No que concerne à precipitação, e principalmente nas últimas décadas, observou-se uma maior frequência de fenómenos extremos, i.e., episódios de precipitação muito intensa especialmente nas médias e altas latitudes, e secas mais severas nas latitudes médias. Durante este século foi também observada uma redução da grande maioria dos glaciares de montanha e da massa de gelo a grandes altitudes, bem como, uma redução acentuada das áreas de gelo permanente nos pólos (Santos & Miranda, 2006). Tendo em conta as atuais emissões de GEE, espera-se que estas alterações se tornem ainda mais gravosas no decorrer deste século.

Segundo o IPCC, são feitas simulações dos processos referentes ao clima da Terra em modelos globais de circulação atmosférica (GCM's), de forma a obter uma melhor perceção da sua evolução. Existe uma grande quantidade destes modelos, como por

exemplo, os HadCM3, CGCM2, CSIRO-MK2, ECHAM4 entre outros. Através de cenários socioeconómicos futuros é possível obter projeções quantitativas da evolução das emissões globais de GEE. A combinação destes cenários com os modelos globais de circulação permite criar cenários climáticos futuros e estudar o que poderá acontecer ao clima da terra em diferentes cenários de emissões. Existem quatro famílias de cenários socioeconómicos futuros, designados por *Special Report on Emissions Scenarios* (SRES): A1, A2, B1 e B2 (Figura 1) (IPCC, 2007; Santos & Aguiar, 2006). Estes cenários apresentam tendências de evolução de cariz socioeconómico, permitindo descrever possíveis histórias do futuro. A organização destes cenários assenta em dois eixos fundamentais: 1) o tipo de governação, que pode ser regional ou global (eixo horizontal na Figura 1); e 2) o tipo de valores predominantes nas sociedades, que podem ser económicos ou ambientais (eixo vertical na Figura 1) (IPCC, 2007).

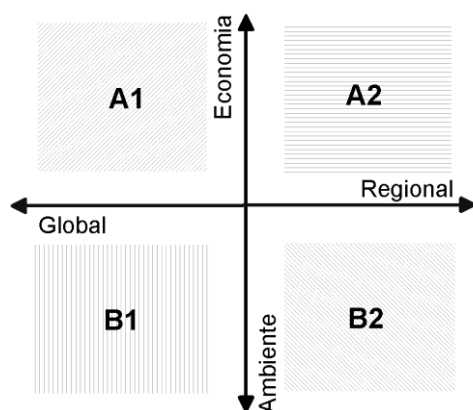


Figura 1 - *Special Report on Emissions Scenarios* (SRES): A1, A2, B1 e B2. Cenários organizados em dois eixos fundamentais: tipo de governação (Regional ou global) e em valores prevalecentes (económicos ou ambientais). Fonte: IPCC, 2007.

Os modelos projetam, para o final do século, um agravamento das tendências climáticas atuais: aumento entre 1.4°C e 5.8°C da temperatura média global, sendo projetado um aumento de 2.0°C a 6.3°C para a Europa. Os GCM's também indicam a continuação do aumento da frequência de fenómenos climáticos extremos e um aumento do nível médio do mar entre cerca de 0.60 – 0.80 metros, sendo que a estimativa mais conservadora aponta para um aumento de 1 metro até ao final do século (Santos & Cruz, 2010).

Neste contexto, é expectável que as alterações climáticas antropogénicas resultem em impactos negativos significativos ao nível dos sistemas naturais.

1.1.1 Alterações climáticas no Arquipélago da Madeira

Num contexto regional, foi desenvolvido em 2006 o projeto CLIMAAT II (Santos & Aguiar, 2006), com o objetivo de elaborar um estudo multisectorial sobre os impactos das alterações climáticas no Arquipélago da Madeira. Neste estudo foram produzidos modelos climáticos regionalizados (RCM's) obtidos através do GCM HadCM3. Foram, também, usadas simulações de controlo e dois cenários de variação da concentração de GEE baseados nos cenários A2 e B2. Três períodos foram definidos para este estudo: o período de controlo de 1961 a 1990; meados do século XXI, de 2040 a 2069 e, final do século de 2070 a 2099. O modelo CIELO foi utilizado para obter cenários climáticos regionalizados da temperatura e da precipitação, de forma a produzir cartografia climática em alta resolução espacial.

Nas Figuras 2 e 3 encontram-se os gráficos elaborados neste estudo relativos à evolução temporal das temperaturas e precipitação para Funchal e Porto Santo durante o último século. Em relação às temperaturas no Funchal, verifica-se que a temperatura máxima apresenta uma tendência crescente em todos os períodos, sendo que esta tendência é mais visível durante o último período, que apresenta um aumento da temperatura de $+0.51^{\circ}\text{C}/\text{década}$. Em termos de temperatura mínima esta apresenta uma tendência mais irregular existindo uma diminuição entre 1945 e 1975. A partir de 1975 observou-se um aquecimento de $+0.72^{\circ}\text{C}/\text{década}$, implicando uma redução da amplitude térmica diária. Em Porto Santo a tendência das temperaturas mínima e máxima é bastante semelhante. Concluiu-se que houve um aumento das temperaturas tanto no Funchal como em Porto Santo desde 1976, superior às tendências observadas no continente português e a nível global. Em termos de precipitação, este estudo concluiu que estas séries não mostram tendências significativas, distribuindo-se aproximadamente em redor do valor médio em 1961-1990 (Santos & Aguiar, 2006).

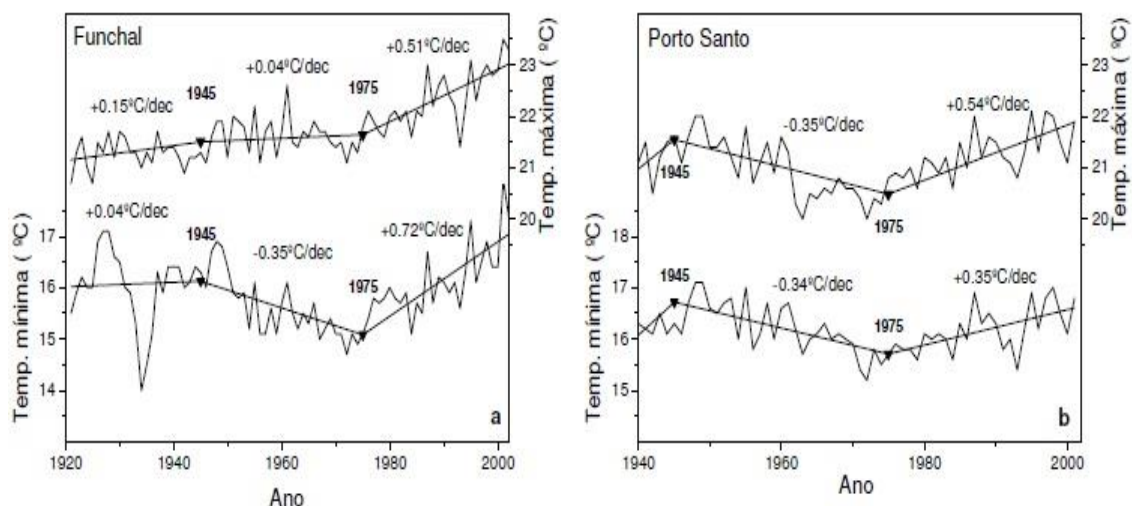


Figura 2 - Evolução temporal das médias das temperaturas máximas (curvas de cima) e mínimas (curvas de baixo) anuais no Funchal e Porto Santo entre 1920 e 2000. Tendências em °C por década. Fonte: Santos & Aguiar, 2006.

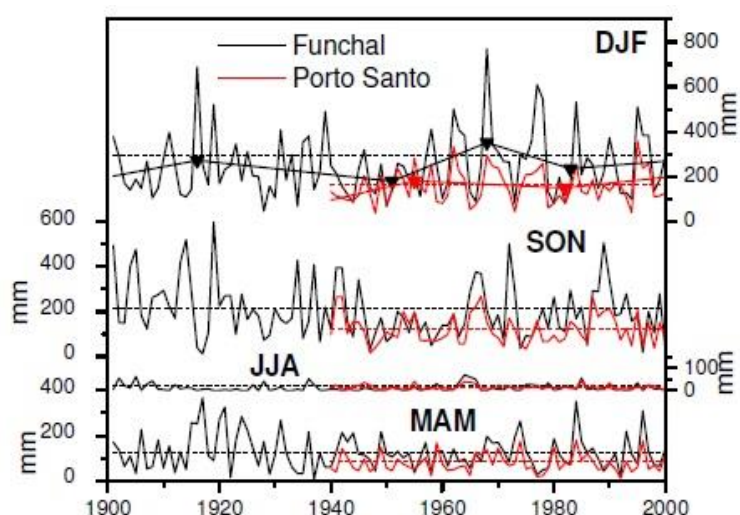


Figura 3 - Precipitação sazonal no Funchal e em Porto Santo. DJF=Dezembro, Janeiro, Fevereiro; SON=Setembro, Outubro, Novembro; MAM=Março, Abril, Maio; JJA=Junho, Julho, Agosto. Fonte: Santos & Aguiar, 2006.

Em relação à evolução do clima no futuro, na Figura 4 apresentam-se as anomalias entre os cenários de controlo e futuros do modelo HadCM3, assim como os cenários regionalizados relativos à ilha da Madeira pelo modelo CIELO. Uma anomalia climática é a diferença entre o valor de uma variável climática num determinado período relativamente ao período de referência (World Meteorological Organization [WMO], 1983).

Verifica-se que ambos os cenários projetam uma redução da precipitação em toda a ilha, não havendo diferenças significativas entre eles. As regiões mais altas da ilha

apresentam uma maior perda de precipitação, verificando-se para meados do século uma redução de precipitação de até 600 mm no Paúl da Serra, e no final do século de até 1000 mm. Grande parte da perda de precipitação anual nos cenários futuros deve-se à diminuição projetada para o Inverno (Anexo 1).

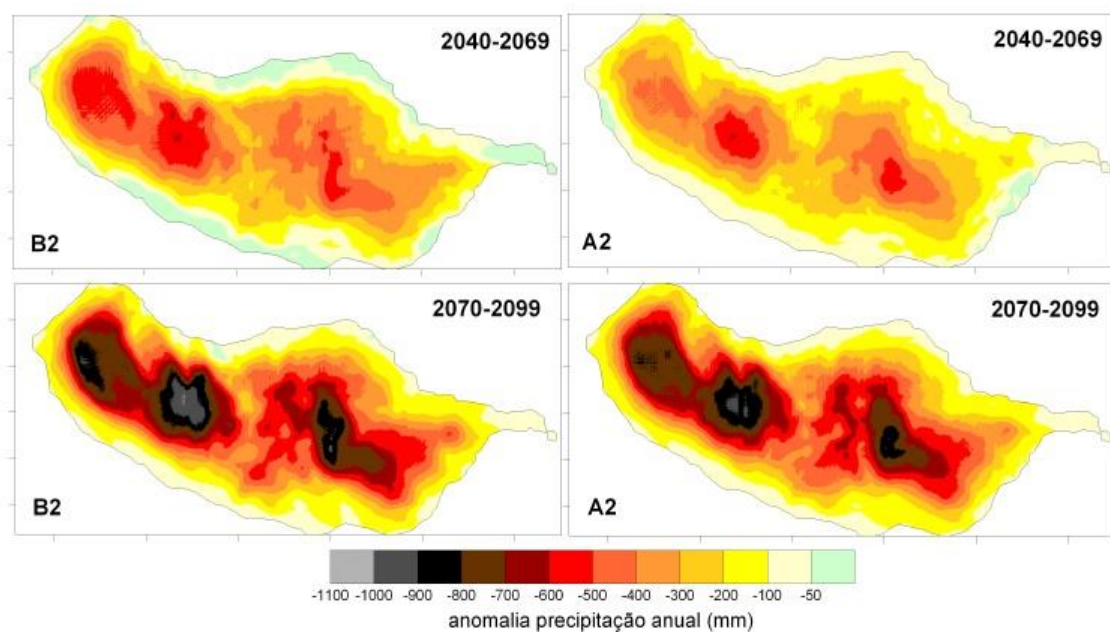


Figura 4 - Anomalia da precipitação anual para os períodos 2040-2069 e 2070-2099 e para os cenários B2 e A2.
Fonte: Santos & Aguiar, 2006.

Ao nível da temperatura, a Figura 5 mostra para o final do século um incremento da temperatura média anual na ilha da Madeira nos dois cenários considerados e nos dois períodos em estudo; contudo este aumento poderá ser maior no cenário A2 (entre 2.2°C e 3.2°C) que no B2 (entre 1.4°C e 2.2°C). Em ambos os cenários a encosta sul é a região que apresenta um aumento superior da temperatura. O aumento da temperatura média anual na ilha da Madeira nos cenários futuros deve-se ao incremento da temperatura máxima de Verão, que tende a ser superior nas regiões da vertente sul da ilha (Anexo 1).

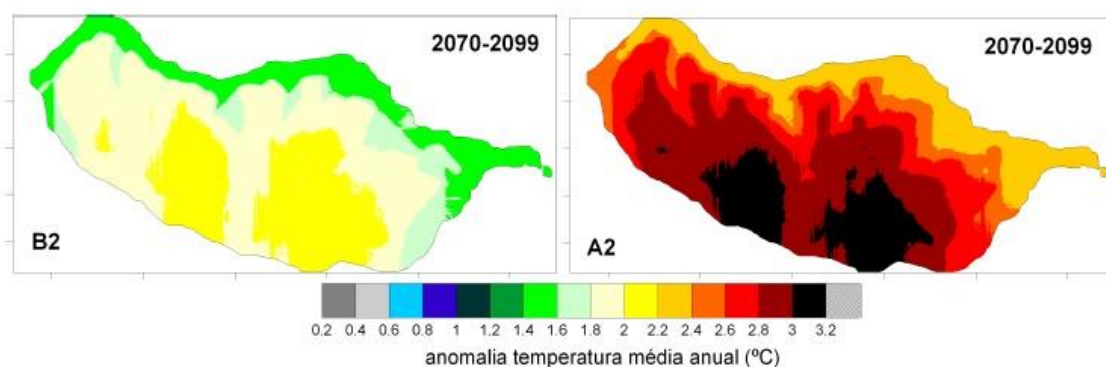


Figura 5 - Anomalia da temperatura média anual no final do século XXI para os cenários B2 e A2. Fonte: Santos & Aguiar, 2006.

1.2 Impactos e vulnerabilidade da biodiversidade terrestre às alterações climáticas

Muitos estudos comprovam a existência de impactos significativos na biodiversidade causados pelo efeito das alterações climáticas (European Environmental Agency [EEA], 2008; Lovejoy & Hannah, 2015; Rosenzweig & Tubiello, 2007; Stenseth, 2008); contudo ainda não são totalmente reconhecidos os impactos diretos em ecossistemas à escala global (EEA, 2009). Visto que as projeções revelam que as alterações climáticas serão a maior ameaça para a biodiversidade até ao final do século (Bellard, Bertelsmeier, Thuiller, & Courchamp, 2012; IPCC, 2014; Millenium Ecosystem Assessment [MEA], 2005), é primordial a avaliação das suas implicações em todos os sistemas biológicos. No entanto, a previsão dos potenciais impactos na biodiversidade encontra-se envolta de incertezas substanciais devido à complexidade dos sistemas ecológicos que limita a previsão, à elevada incerteza sobre o clima futuro e à limitada quantificação dos demais elementos perturbadores do ambiente nas avaliações de impactos às alterações climáticas (Kittel, 2012).

Os impactos das alterações climáticas serão maiores em ilhas oceânicas, sendo a sua biodiversidade em geral muito vulnerável às alterações climáticas, devido essencialmente aos elevados graus de endemidade associados às ilhas, ao isolamento geográfico das populações, e também, a fatores como a introdução de espécies exóticas invasoras (Cruz et al., 2009; IPCC, 2007; IPCC, 2014).

Segundo Araújo, Guilhaumon, Neto, Pozo, e Calmaestra (2012), os impactos das alterações climáticas devem-se tanto a efeitos diretos (e.g., aumento da temperatura)

como a efeitos indiretos (e.g., subida do nível médio do mar e aumento do risco de incêndios). Os impactos das alterações climáticas na biodiversidade dividem-se em dois tipos: i) alterações fenológicas devido ao adiantamento da Primavera e do Verão; ii) deslocação em latitude e altitude das espécies sensíveis às alterações de temperatura, resultando em extinções locais de populações, alterações na distribuição ou declínios populacionais.

A intensidade dos impactos das alterações climáticas, num determinado habitat ou espécie, depende da sua vulnerabilidade. A vulnerabilidade consiste no grau de suscetibilidade e de incapacidade de um sistema se adaptar aos efeitos adversos das alterações climáticas (IPCC, 2007), e varia de espécie para espécie e geograficamente.

Segundo Cruz e colegas (2015), a vulnerabilidade é o resultado da interação entre os efeitos dos impactos diretos e a capacidade adaptativa (Figura 6). Os impactos diretos das alterações climáticas são, por sua vez, resultado do produto da exposição e da sensibilidade às alterações climáticas. A exposição refere-se às variáveis climáticas a que determinada espécie ou habitat estão expostos (e.g., temperatura e precipitação) e varia com o cenário climático e período considerados. A sensibilidade às alterações climáticas refere-se às características das espécies ou habitats que as tornam mais ou menos vulneráveis (e.g., nichos térmicos, hidrológicos) (Cruz et al., 2015; Williams, Shoo, Isaac, Hoffmann & Langham, 2008). A capacidade adaptativa intrínseca das espécies depende de fatores como a sua especialização ecológica (habitats, dieta ou interações interespecíficas), estratégias de reprodução (K/r-estrategistas), a capacidade de dispersão, fatores genéticos, o estado das populações ao nível da sua distribuição, efetivo populacional e vulnerabilidade a outro tipo de pressões antropogénicas (Cruz et al., 2015; Williams, Shoo, Isaac, Hoffmann & Langham, 2008).

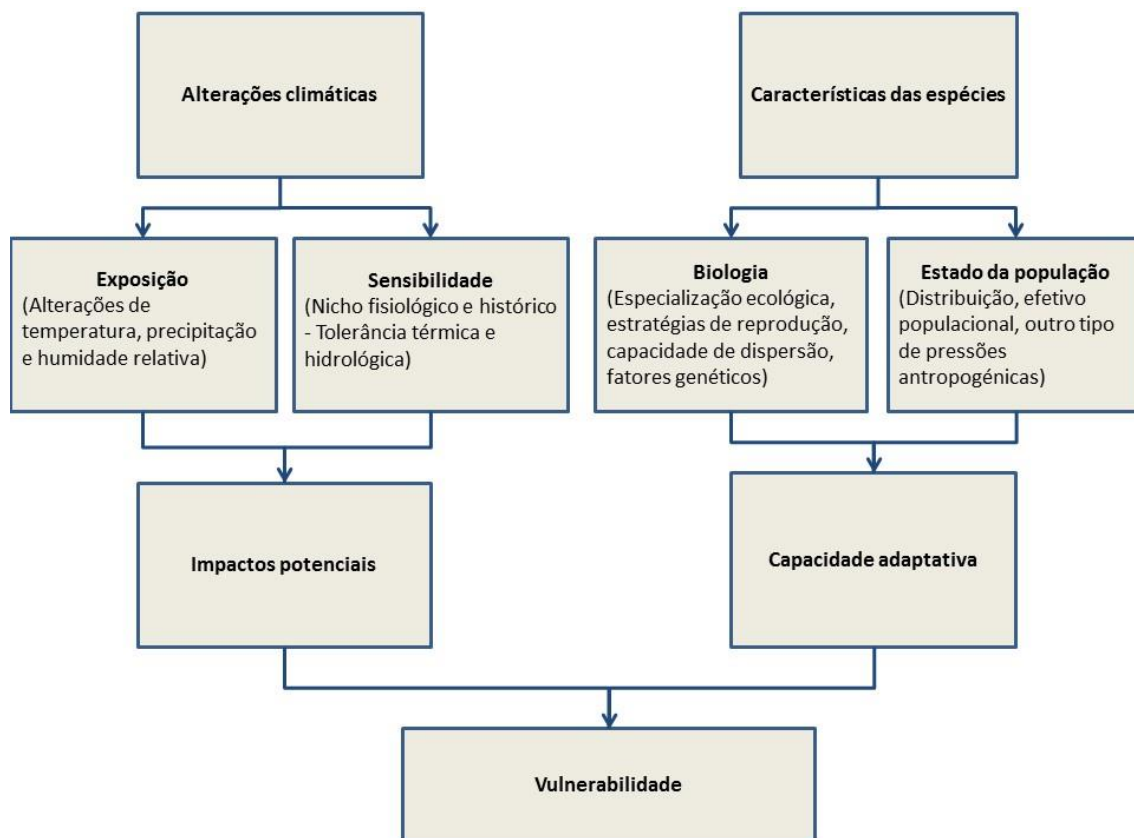


Figura 6 - Representação esquemática dos fatores que afetam a vulnerabilidade das espécies às alterações climáticas, com exemplos de fatores que contribuem para os impactos potenciais e capacidade adaptativa. Adaptado de Cruz et al., 2015.

A avaliação da vulnerabilidade às alterações climáticas é uma importante ferramenta para um maior conhecimento dos impactos que o clima pode ter na biodiversidade e como instrumento de apoio à decisão na conservação de espécies ou habitats mais vulneráveis (Bagne & Finch, 2010; Small-Lorenz, Culp, Ryder, Will, Marra, 2013).

Existem três tipos de métodos que permitem medir os impactos e vulnerabilidades da biodiversidade às alterações climáticas (Cruz et al., 2015):

- 1) Modelação bioclimática - Recurso a modelos bioclimáticos que avaliam os impactos potenciais das alterações climáticas (i.e., parte esquerda da Figura 6). Já foram elaborados modelos para avaliar os potenciais impactos das alterações climáticas na biodiversidade da Península Ibérica até 2100 através do projeto *Iberia Change - Forecasting impacts of climate change on Iberian biodiversity* (Araújo et al., 2012) (disponível *on-line* em <http://www.ibiochange.mncn.csic.es/iberiachange/>). Para a ilha da Madeira,

este método foi utilizado para avaliar os potenciais impactos das alterações climáticas em dois habitats (Cruz et al., 2009);

- 2) Índices de vulnerabilidade - Avaliam de forma quantitativa ou qualitativa tanto os impactos potenciais (i.e., parte esquerda da Figura 6) como os diversos fatores que contribuem para a maior ou menor capacidade adaptativa das espécies (i.e., parte direita da Figura 6) e produzem uma escala de vulnerabilidade das espécies estudadas. Em Portugal foi aplicado um índice de vulnerabilidade à herpetofauna portuguesa (Cruz et al., 2015);
- 3) *Expert judgement* - Este método pode ser utilizado nas duas abordagens anteriormente mencionadas, de forma a integrar a opinião de especialistas que poderão validar ou refutar os resultados obtidos.

Existem diversos documentos de orientação relativamente ao estudo dos impactos e vulnerabilidades da biodiversidade às alterações climáticas como por exemplo *Guidelines on Climate Change and Natura 2000* (European Commission, 2013a) e *Guidance on Integrating Climate Change and Biodiversity into Strategic Environmental Assessment* (European Commission, 2013b) que podem ser encontrados na plataforma europeia de adaptação às alterações climáticas *Climate-adapt* (disponível *on-line* em <http://climate-adapt.eea.europa.eu/data-and-downloads?searchtext=biodiversityresource&searchtypes=DOCUMENT;INFORMATION;SOURCE;GUIDANCE;TOOL>).

É de salientar que as diferentes metodologias para avaliar a vulnerabilidade apresentam pontos positivos e limitações, sendo que a escolha de uma metodologia depende de vários fatores como a disponibilidade de dados, os objetivos do estudo, entre outros.

1.3 Adaptação às alterações climáticas

Como forma de resposta aos impactos das alterações climáticas existem duas abordagens distintas (Figura 7): a mitigação e a adaptação. A mitigação consiste em travar o aumento da concentração atmosférica de gases com efeito de estufa através da implementação de políticas com vista à redução das emissões e ao desenvolvimento de sumidouros potenciais para esses gases (IPCC, 2007). O conceito de adaptação define-se como um ajustamento nos sistemas naturais e humanos como resposta a estímulos climáticos observados ou expectáveis, com o intuito de minimizar ou explorar potenciais oportunidades dos efeitos das alterações climáticas (IPCC, 2007).

Segundo a literatura científica, em matéria de adaptação existem duas abordagens (Füssel, 2007; IPCC, 2007):

1) Adaptação autónoma, espontânea ou reativa, quando é adotado um conjunto de medidas não como resposta a estímulos climáticos, mas sim, devido a alterações ecológicas nos sistemas naturais e/ou por alterações ao nível do mercado e bem-estar humano;

2) Adaptação planeada, que consiste em medidas propostas mediante uma decisão política deliberada, com base na consciência de que as condições se alteraram ou se irão alterar brevemente e que é necessário regressar ou manter um estado pretendido.

A adaptação pressupõe a definição de medidas como forma de resposta face aos impactos previamente identificados das alterações climáticas por parte de agentes e decisores (Agência Portuguesa do Ambiente [APA], 2015a). De acordo com o IPCC (2014) entende-se por medidas de adaptação ações concretas de ajustamento ao clima atual ou futuro que resultam do conjunto de estratégias e opções de adaptação consideradas adequadas para atender às necessidades específicas do sistema. Estas ações são de âmbito alargado, podendo ser categorizadas como estruturais, institucionais ou sociais.

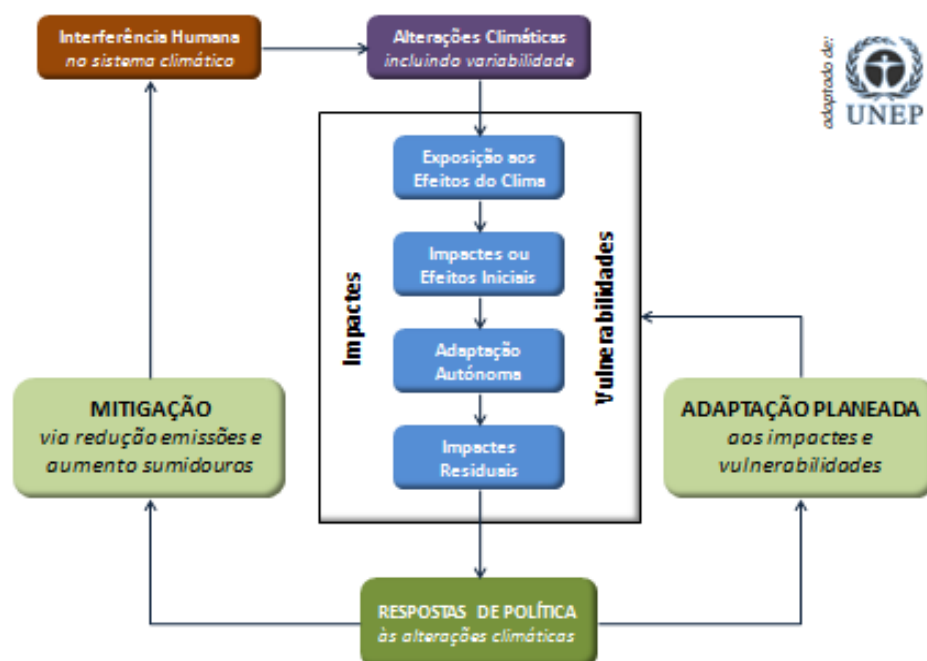


Figura 7 - Respostas às alterações climáticas. Fonte: APA, 2015b, adaptado de United Nations Environment Programme (UNEP).

O crescente conhecimento em matéria de alterações climáticas e dos impactos observados e expectáveis sobre os sistemas humanos e naturais tem potenciado um aumento da procura de soluções eficazes de adaptação.

Ao nível europeu têm existido alguns desenvolvimentos em termos de adaptação às alterações climáticas, sendo que este processo teve início em 2007 através da publicação pela Comissão Europeia do Livro Verde: “Adaptação às Alterações Climáticas na Europa”. Seguidamente, foi publicado em Abril de 2009 o Livro Branco: “Adaptação às Alterações Climáticas – para um quadro de ação europeu” (European Commission, 2009), tendo sido estabelecido no referido documento um quadro para redução da vulnerabilidade face aos impactos das alterações climáticas.

Em Portugal, a questão da adaptação às alterações climáticas iniciou-se com o projeto SIAM – *Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures* que decorreu em duas fases: a primeira designada por SIAM I entre 1999 e 2002 (Santos, Forbes & Moita, 2002) e a segunda por SIAM II entre 2002 e 2006 (Santos & Miranda, 2006).

No seguimento da aplicação do Protocolo de Quioto à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas, foi aprovada em Portugal a Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (EN AAC) em Abril de 2010 (Resolução do Conselho de Ministros n.º 24/2010, DR: 1.ª série N.º 64 de 1 de Abril de 2010). A aplicação da EN AAC encontra-se sob a coordenação interministerial da Comissão para as Alterações Climáticas (CAC), que foi estabelecida pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 72/98, de 29 de Junho. O referido instrumento estratégico integrou um vasto conjunto de sectores que trabalharam na elaboração de orientações e medidas de adaptação. A aplicação da EN AAC nas regiões Autónomas da Madeira e dos Açores compete aos respetivos Governos Regionais.

Relativamente à questão da adaptação ao nível regional, foi desenvolvido para o Arquipélago da Madeira o projeto CLIMAAT II que também teve uma componente de adaptação às alterações climáticas (Santos & Aguiar, 2006), embora não tenha sido vertido em nenhum documento ou obrigação legal. Atualmente, o projeto CLIMA-Madeira, que teve início em 2014, visa a criação da Estratégia Regional de Adaptação às Alterações Climáticas para o Arquipélago da Madeira, sendo a biodiversidade um dos setores abrangidos neste projeto (Gomes, Avelar, Santos, Costa & Garrett, 2015).

Ao nível local foram elaboradas duas Estratégias Municipais de Adaptação às Alterações Climáticas (EMAAC), sendo o Plano Estratégico do Concelho de Sintra face às Alterações Climáticas em 2009 o primeiro estudo multissetorial sobre os impactos das alterações climáticas e a identificação de medidas de adaptação (Santos & Aguiar, 2009), seguindo-se em 2010, no âmbito da Convenção Quadro das Alterações Climáticas da Agenda 21 e da EN AAC, o Plano Estratégico de Cascais (Santos & Cruz, 2010). Entretanto, no âmbito do projeto ClimaAdaPT.Local, outros 26 municípios portugueses estão atualmente em fase de elaboração de uma EMAAC (Ver *site* do projeto disponível *on-line* em - <http://climadapt-local.pt/objetivos/>). Um desses municípios é o do Funchal, na Madeira. Todas as estratégias desenvolvidas em Portugal incluem o sector da biodiversidade.

Existem a nível internacional diversos documentos que recomendam a criação de estratégias de adaptação às alterações climáticas para conservação da biodiversidade, nomeadamente a Convenção para a Diversidade Biológica, a Convenção sobre Zonas

Húmidas, a Convenção sobre a Vida Selvagem e os Habitats Naturais na Europa, o Plano de Ação da União Europeia “Até 2010 — e mais além” e mais recentemente, a Estratégia Nacional de Conservação da Natureza e da Biodiversidade da União Europeia para 2020. Porém, ao nível do contexto político na União Europeia os principais instrumentos de conservação da biodiversidade a longo prazo são as Diretivas Aves e Habitats da Rede Natura 2000, que não consideram a adaptação às alterações climáticas, o que seria imperativo para uma melhor eficácia em termos de conservação (Trouwborst, 2014). Neste contexto várias recomendações e diretrizes foram feitas para inclusão da adaptação às alterações climáticas nos instrumentos de conservação da natureza (e.g., aplicação da lei de requisitos de conectividade e implementação de planos de gestão adaptativa para cada Zona Especial de Conservação (SAC) da Rede Natura 2000 (European Commission, 2009).

Ao nível de conservação da biodiversidade existe, portanto, uma maior necessidade de uma abordagem de adaptação que considera os potenciais impactos das alterações climáticas e desenvolve ações de gestão para reduzir esses impactos, em contra ponto com a anterior perspetiva de conservação *in situ* adequada a um clima estático (Cruz et al., 2009; European Commission, 2009; Heller & Zavaleta, 2009; IPCC, 2014; Trouwborst 2012).

Neste contexto, em Portugal e com foco na biodiversidade, foi desenvolvido o projeto “BioAdaPT” em 2013, tendo como objetivo a criação de uma estratégia de adaptação da biodiversidade às alterações climáticas (Araújo et al., 2013).

1.4 Biodiversidade terrestre na Madeira

A Madeira apresenta uma fauna e flora única, sendo considerada um “hot-spot” de biodiversidade mediterrânica (Borges et al., 2008; Cruz et al., 2009). Localizada na região biogeográfica da macaronésia, tem um elevado número de endemismos e habitats ricos com uma elevada diversidade de espécies terrestres. Para os principais grupos taxonómicos terrestres são conhecidos cerca de 1419 taxa (1286 espécies e 182 subespécies) sendo os grupos com maior número de endemismos os moluscos e os artrópodes, com cerca de 210 e 979 espécies e subespécies respetivamente (Figura 8) (Borges et al., 2008).

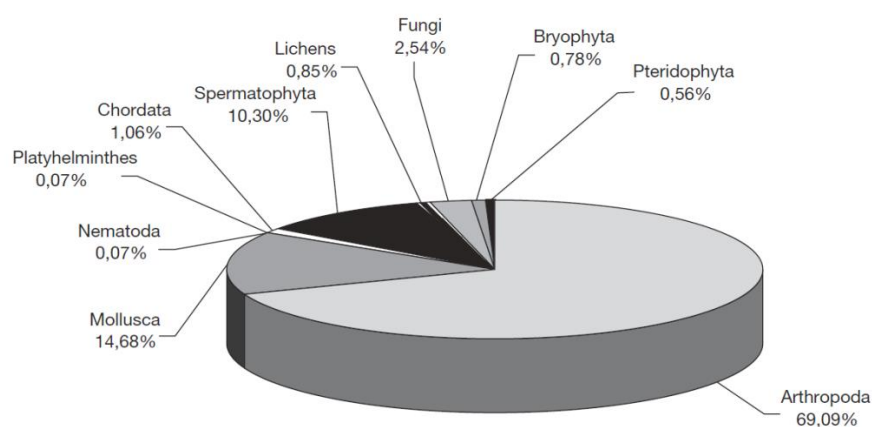


Figura 8 - Proporção de taxa endémicos (espécies e subespécies) dos vários grupos de fungos, plantas e animais terrestres dos arquipélagos da Madeira e Selvagens. Fonte: Borges et al., 2008.

Segundo Capelo (2004), a ilha da Madeira compreende vários andares de vegetação climatófila desde as cotas mais baixas até às de maior altitude (Figura 9). A primeira série de vegetação corresponde ao Zambujal Madeirense, que se encontra nas encarpas rochosas entre 0 e 200 metros na encosta sul. A série do Matagal Marmulano ocorre a cotas entre os 200 e 300 metros de altitude na encosta sul e entre os 0 e 50 metros na encosta norte. Esta série está associada a solos pouco profundos e apresenta uma elevada exposição aos ventos húmidos na encosta norte. A floresta autóctone, Laurissilva, é um ecossistema de extrema importância e raridade, que ocorre em duas séries distintas: Laurissilva Mediterrânica do Barbusano que se distribui aproximadamente entre os 300 e 800 metros em solos pouco profundos em ambas as encostas e a Laurissilva Temperada do Til que se encontra em solos mais profundos entre os 800 e 1450 metros na encosta sul e os 300 – 1400 metros na encosta norte. A Laurissilva Temperada do Til é a série de vegetação com a maior área ocupada em ambas

as encostas. A vegetação de altitude do Maciço Montanhoso Central divide-se nas séries Urzal de Altitude e Vegetação Rupícola de Altitude. A primeira consiste num bosque de urzal arbóreo presente em solos pouco espessos e afloramentos rochosos com predominância de *Erica arborea*, que ocupa cotas superiores a 1400 metros. A série de Vegetação Rupícola de Altitude é caracterizada por comunidades permanentes que ocorrem em substrato rochoso a cotas acima de 1560 metros de altitude (Secretaria Regional do Ambiente e dos Recursos Naturais [SRA], 2014).

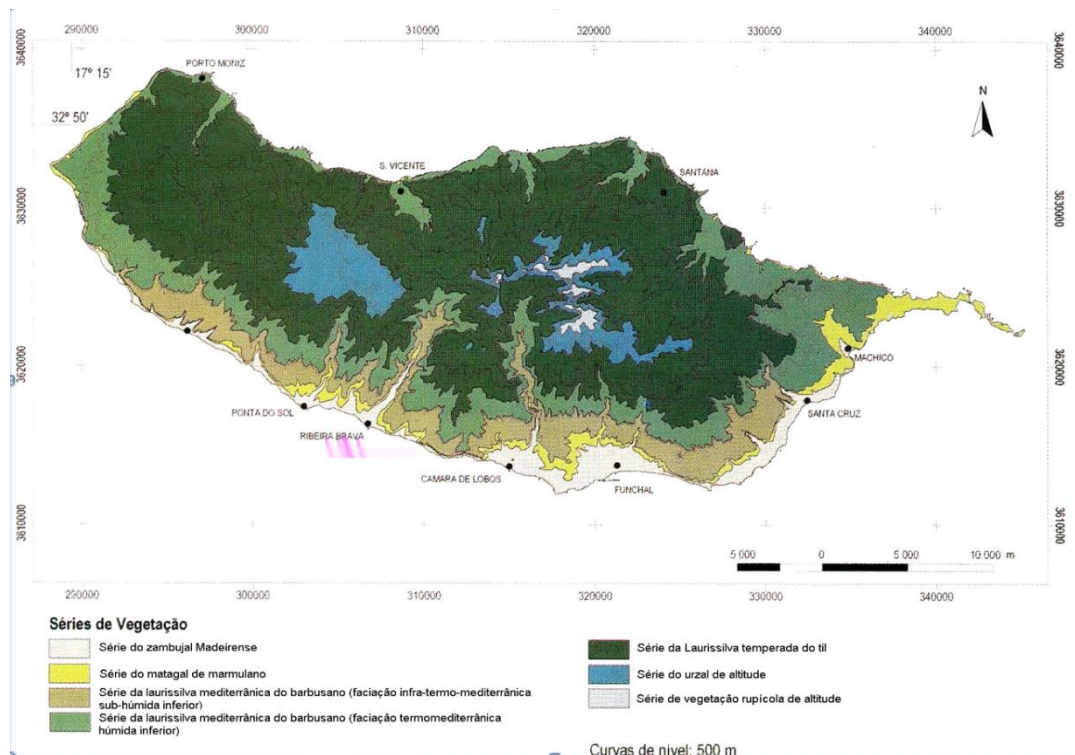


Figura 9 - Séries de vegetação natural potencial da ilha da Madeira. Fonte: Capelo, 2004.

1.5 Enquadramento

A presente dissertação encontra-se inserida no âmbito do mestrado em Ecologia e Gestão Ambiental. Foi realizada no âmbito do projeto CLIMA-Madeira e como caso de estudo do projeto BASE - Bottom-Up Climate Adaptation Strategies Towards a Sustainable Europe, coordenado pelo grupo de investigação Climate Change, Impacts, Adaptation & Modeling (CCIAM) do Centro de Ecologia, Evolução e Alterações Ambientais (cE3c) da Universidade de Lisboa. O projeto CLIMA-Madeira envolve diferentes sectores, nomeadamente o da Agricultura e Florestas, Biodiversidade, Energia, Recursos Hídricos, Saúde Humana e Turismo e pretende elaborar uma Estratégia Regional de Adaptação face às Alterações Climáticas para o Arquipélago da Madeira. No sector da biodiversidade foram avaliadas espécies, grupos e habitats marinhos e terrestres; contudo nesta dissertação o foco será na biodiversidade terrestre do Arquipélago da Madeira.

1.6 Objetivos da dissertação

Os objetivos da presente dissertação incluíram:

- 1) A aplicação de um índice de vulnerabilidade às alterações climáticas a uma seleção de espécies dos diversos grupos de fauna e flora terrestre do Arquipélago da Madeira;
- 2) A avaliação da vulnerabilidade dos habitats terrestres naturais do Arquipélago da Madeira face às alterações climáticas;
- 3) A proposta de medidas de adaptação prioritárias que visem a redução da vulnerabilidade dos elementos naturais e um aumento da sua resiliência, assim como uma melhor e eficaz gestão e conservação do património natural.

2. Metodologia

2.1 Avaliação da vulnerabilidade da biodiversidade às alterações climáticas

Para esta avaliação, foram inicialmente selecionadas espécies-alvo, em seguida foi selecionado o método de avaliação da vulnerabilidade, e por fim procedeu-se à sua aplicação. Seguidamente, será exposto em pormenor cada etapa desta avaliação.

2.1.1 Seleção de espécies-alvo

Para obter uma lista de espécies-alvo foram necessárias duas fases distintas de seleção seguindo diferentes critérios. Na primeira fase, e devido a não ser possível avaliar todas as espécies de todos os grupos taxonómicos do Arquipélago, foi feita uma listagem de espécies com base na publicação de Borges e colegas (2008):

1. Endémicas
2. Exóticas
3. Outras espécies com interesse para a região, nomeadamente espécies com interesse económico para determinados setores (pescas, turismo, etc.), com interesse em termos de conservação (espécies-chave), representativas de determinados habitats ou modos de vida, ou indicadoras dos efeitos das alterações climáticas.

Numa segunda fase, e considerando que as listagens assim obtidas eram ainda muito extensas, estas foram enviadas a especialistas nos diferentes grupos de modo a se proceder a uma segunda triagem e obter a listagem final de espécies-alvo, num máximo de 10 espécies por grupo. Esta seleção foi feita tendo em conta a disponibilidade de informação que permitisse avaliar a vulnerabilidade das espécies e procurando obter a maior diversidade possível (incluindo e.g., espécies especialistas e generalistas, espécies com diferentes requisitos ecológicos, entre outras).

É importante referir que o número de espécies-alvo variou consoante o grupo taxonómico e que o conjunto de espécies selecionadas é apenas uma amostra não representativa dos respetivos grupos. Assim, os resultados desta análise não podem ser

extrapolados como representativos de toda a diversidade de espécies dos respetivos grupos no Arquipélago da Madeira.

2.1.2 Seleção do método de avaliação da vulnerabilidade

Para avaliar a vulnerabilidade das espécies às alterações climáticas, pode-se recorrer a diversas metodologias (Tabela 1); porém cada método tem as suas vantagens e desvantagens.

Tabela 1 - Metodologias utilizadas para a avaliação da vulnerabilidade da biodiversidade às alterações climáticas.

Método	Vantagens	Desvantagens
Modelação bioclimática	. Fáceis de implementar	. Disponibilidade de dados; . Apenas medem impactos diretos das alterações climáticas; . Apenas aplicável à ilha da Madeira.
<i>Expert judgement</i>	. Aplicáveis quando há poucos dados de base (a espécies raras); . Aplicável a todo o Arquipélago;	. Subjetivos; . Resultados pouco comparáveis.
Índices de vulnerabilidade	. Integram impactos diretos, indiretos e capacidade adaptativa; . Podem ser atualizados quando houver mais informação disponível; . Permitem avaliação da confiança e falhas no conhecimento; . Aplicável a todo o Arquipélago.	. Necessário mais tempo . Avaliação de certos parâmetros pode ser algo subjetiva (porém é menor que no caso de <i>expert judgement</i>)

Para este estudo recorreu-se à utilização de índices de vulnerabilidade às alterações climáticas pela sua versatilidade. Existem vários estudos em que foram utilizados índices de vulnerabilidade para avaliar os efeitos das alterações climáticas (Bagne & Finch, 2010; Bagne & Finch, 2012; Brinke & Jones, 2012; Coe, Finch & Friggens, 2012; Cruz et al., 2015; Davison, Coe & Finch, 2012; Friggens, Finch, Bagne, Coe & Hawksworth, 2013; Lin & Morefield, 2011; Young et al., 2009), estando disponíveis vários índices, tanto para espécies, como para ecossistemas (e.g., Bagne, Friggens & Finch, 2011; Bertzky et al., 2011; Comer et al., 2012; Johnston, Price, L'Hirondelle, Fleming & Ogden, 2010; Potter & Crane, 2010; Vitt, Havens, Kramer, Sollenberger & Yates, 2010; U.S. Environmental

Protection Agency [EPA], 2009; Young et al., 2011). Na tabela 2 encontram-se em pormenor alguns dos índices que avaliam a vulnerabilidade de espécies terrestres, assim como a listagem das vantagens e desvantagens da sua utilização. Após avaliação dos vários índices foi testado o índice *System for Assessing Vulnerability of Species* (SAVS) to Climate Change (Bagne et al., 2011) e o índice de vulnerabilidade *Climate Change Vulnerability Index* (CCVI) (Young et al., 2011) desenvolvido pela *NatureServe*. Compararam-se os dois índices e foi selecionado o CCVI devido essencialmente a:

- 1) Ser aplicável à grande diversidade de espécies selecionadas para este estudo, neste caso a todos os grupos terrestres (Young et al., 2011).
- 2) Os seus atributos e características permitem uma fácil avaliação da vulnerabilidade e manuseamento do próprio índice;
- 3) Permitir avaliar a confiança e as lacunas no conhecimento.
- 4) Permitir resultados bastante fiáveis, reproduzíveis e menos subjetivos comparativamente ao outro índice testado (SAVS).
- 5) Garantir flexibilidade em termos de utilização de várias fontes de informação caso se encontrem disponíveis (e.g., possibilidade de utilizar dados referentes a modelação bioclimática).

Tabela 2 - Resumo dos vários índices de vulnerabilidade.

Índices	Espécies alvo	Vantagens	Desvantagens	Publicações
NatureServe Climate Vulnerability Index Version 2.1	Vertebrados e invertebrados terrestres e plantas	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicação simples por se tratar de um questionário; - Aplicável a um grande conjunto de espécies; - Avalia o nível de confiança nos resultados; - Possibilidade de inclusão de informação referente a respostas documentadas e de modelos bioclimáticos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Necessidade de inclusão de informação referente a cenários climáticos regionalizados na avaliação da vulnerabilidade; - Limitações em relação a espécies migradoras; - Utilidade limitada numa variedade de avaliações de espécies com ampla distribuição; - Análise mais complexa. 	<p>Young et al., 2011</p> <p>https://connect.natureserve.org/science/climate-change/ccvi</p>

System for Assessing Vulnerability of species to climate change (SAVS) Version 2.0	Vertebrados terrestres	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicação simples por se tratar de um questionário; - Avalia o nível de confiança nos resultados; - Não necessita de inclusão de informação referente a cenários climáticos; - Informação obtida a partir de referências bibliográficas. 	Avalia apenas vertebrados terrestres, não se aplica a espécies aquáticas ou plantas.	<p>Bagne et al., 2011</p> <p>http://www.fs.fed.us/rm/grassland-shrubland-desert/productions/species-vulnerability/</p>
Forest Tree Genetic Risk Assessment System Version 1.2	Espécies de árvores	Aplicação simples.	<ul style="list-style-type: none"> - Necessita de inclusão de informação referente a cenários climáticos; - Aplicável apenas a espécies árvores; - Não existem muitos casos de estudo em que foi aplicado este índice; - Não avalia o nível de confiança nos resultados. 	<p>Potter & Crane, 2010</p> <p>http://www.forestthreats.org/research/projects/project-summaries/genetic-risk-assessment-system-description-120610.pdf</p>
Index For Predicting Tree Species Vulnerability	Espécies de árvores	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicação simples; - Não necessita de inclusão de informação referente a cenários climáticos. 	Não avalia o nível de confiança nos resultados.	<p>Johnston et al., 2010</p> <p>http://www.pamodelforest.sk.ca/pubs/TreeSpeciesTechnicalReport.pdf</p>
Seeds of Success Program	Múltiplas espécies de plantas	Aplicável a várias espécies de plantas.	<ul style="list-style-type: none"> - Necessita de inclusão de informação referente a cenários climáticos; - Não avalia o nível de confiança nos resultados. 	<p>Vitt et al., 2010</p> <p>http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320709003917</p>

Framework for categorizing the relative vulnerability of threatened & endangered	Espécies de vertebrados ameaçadas e em perigo	Avalia espécies ameaçadas.	Não aplicável a um grande conjunto de espécies.	EPA, 2009 http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recordisplay.cfm?deid=203743#Download
--	---	----------------------------	---	--

2.1.3 Avaliação da vulnerabilidade das espécies-alvo

O CCVI baseia a avaliação da vulnerabilidade das espécies na análise de 4 grupos de fatores principais:

1. Exposição direta às alterações climáticas;
2. Exposição indireta às alterações climáticas;
3. Sensibilidade e capacidade adaptativa às alterações climáticas;
4. Respostas documentadas ou modeladas às alterações climáticas.

Relativamente ao primeiro grupo de fatores – Exposição a fatores diretos – o CCVI considera duas variáveis: anomalia da temperatura média e redução do índice de humidade Hamon AET:PET (Hamon, 1961).

Neste trabalho, utilizaram-se os cenários A2 e B2 para curto (2010-2039), médio (2040-2069) e longo prazo (2070-2099) do projeto CLIMAAT II (2006), cujos principais resultados podem ser consultados no Anexo 1 (disponível *on-line* em [http://www.sra.pt/files/PDF/Destaques/Brochura%20CLIMAAT II MadeiraFINAL.pdf](http://www.sra.pt/files/PDF/Destaques/Brochura%20CLIMAAT%20II%20MadeiraFINAL.pdf)). Para a Madeira, os cenários A2 e B2 para curto e médio prazo apresentam alterações de temperatura e humidade relativamente baixas, encontrando-se ambas na menor das classes do índice. A longo prazo existem diferenças significativas, esperando-se alterações mais graves em ambos os cenários como se pode verificar na Tabela 3.

Tabela 3 - Fatores de exposição direta às alterações climáticas. Anomalia da temperatura e da humidade (Hamon AET:PET) nos cenários A2 e B2 para curto, médio e longo prazo. Dados climáticos produzidos no projeto CLIMAAT II (Santos & Aguiar, 2006).

Cenários Climáticos e horizontes temporais	Anomalia temperatura	Anomalia índice humidade
A2 e B2 2010-2039	< 2.2°C	≥ - 0.028
A2 e B2 2040-2069	< 2.2°C	≥ - 0.028
A2 2070-2099	2.2 a 2.4° C	- 0.074 a - 0.096
B2 2070-2099	< 2.2°C	- 0.051 a - 0.073

O CCVI considera três fatores de exposição indireta:

1. Vulnerabilidade à subida do nível médio do mar (e.g., a vulnerabilidade das espécies será maior caso a sua distribuição coincida com áreas de baixa altitude ou junto à linha de costa);
2. Vulnerabilidade devido à existência de barreiras naturais (e. g. montanhas e vales) e antropogénicas (e.g., zonas urbanas e estradas) que limitem a capacidade das espécies alargarem a sua área de distribuição em resposta às alterações climáticas;
3. Vulnerabilidade relativamente a alterações dos usos do solo que possam afetar a área de distribuição das espécies tanto positiva como negativamente (e.g., reflorestação para compensação das emissões de gases com efeito de estufa; novas estruturas de defesa costeira em resposta à subida do nível do mar).

O CCVI considera seis fatores de sensibilidade e capacidade adaptativa:

1. Capacidade de dispersão (espécies como uma maior capacidade de dispersão apresentam uma menor vulnerabilidade, pois podem deslocar-se facilmente para outras áreas caso as condições climáticas não lhes sejam favoráveis);
2. Características geológicas incomuns (espécies que necessitam de um tipo específico de solo/substrato ou de uma determinada estrutura física como grutas e arribas podem ser mais vulneráveis);

3. Fatores genéticos (espécies que detenham baixa variabilidade genética poderão ter uma menor capacidade de se adaptarem às alterações climáticas);
4. Interações interespecíficas (espécies dependentes de outras espécies para e.g., dieta e simbioses, poderão ter uma menor capacidade de se adaptarem às alterações climáticas. Há interações que podem também contribuir para diminuir a vulnerabilidade e.g., competição).
5. Características fisiológicas e fenológicas das espécies (espécies com menores tolerâncias térmica ou hidrológica ou dependentes de um regime de perturbações específicas serão mais vulneráveis);
6. Extensão/distribuição dos habitats (a vulnerabilidade das espécies será maior caso os seus habitats sejam muito reduzidos e/ou fragmentados).

O índice CCVI apresenta uma escala de respostas possíveis, podendo ser selecionada mais do que uma opção de resposta para cada fator:

- 1) Forte aumento
- 2) Aumento
- 3) Ligeiro aumento
- 4) Neutro
- 5) Ligeira redução
- 6) Redução
- 7) Desconhecida

A escala de vulnerabilidade utilizada neste estudo foi a escala do projeto CLIMA-Madeira, que tem correspondência com a escala que o CCVI utiliza para avaliar a vulnerabilidade (Tabela 4).

Tabela 4 - Escala de vulnerabilidade do índice e correspondência com a escala numérica do projeto CLIMA-Madeira.

Escala CCVI		Escala CLIMA-Madeira	
IL	Not vulnerable/ increase likely	1	Positiva
PS	Not vulnerable/ presumed stable	0	Neutra
MV	Moderately vulnerable	-1	Negativa
HV	Highly vulnerable	-2	Muito Negativa
EV	Extremely vulnerable	-3	Crítica

Finalmente, o índice permite ainda incluir informação sobre respostas documentadas às alterações climáticas obtidas a partir de séries temporais de dados, ou repostas modeladas, obtidas a partir de modelação bioclimática. No Anexo 2, apresenta-se um exemplo dos resultados obtidos para um dos grupos avaliados.

A aplicação do índice CCVI foi feita em colaboração com os especialistas dos diferentes grupos taxonómicos, tendo sido envolvidos 11 especialistas (ver Anexo 3), mais especificamente um especialista por grupo taxonómico, à exceção do grupo dos líquenes (3 especialistas) e dos artrópodes (2 especialistas). O índice foi aplicado a 8 grupos e a um total de 64 espécies.

2.1.4 Análise dos resultados

2.1.4.1 Espécies e grupos terrestres

Os padrões gerais de vulnerabilidade das espécies em todos os cenários e horizontes temporais serão apresentados por grupo taxonómico.

De modo a avaliar quais os fatores que mais contribuem para a vulnerabilidade das espécies às alterações climáticas, foram realizadas análises de correlação de *Spearman* utilizando dois conjuntos de dados expressos na mesma escala:

- 1) Importância de cada fator para o aumento da vulnerabilidade de cada espécie;
- 2) Vulnerabilidade total da espécie.

Esta análise foi efetuada para dois níveis diferentes:

- 1) Para o conjunto de todas as espécies-alvo deste estudo;
- 2) Para três grandes grupos taxonómicos: plantas, invertebrados e vertebrados, compreendendo os oito grupos terrestres estudados.

Esta avaliação permite identificar os fatores com correlações mais fortes com a vulnerabilidade de cada grupo de espécies ou com todas, i.e. os principais fatores que mais contribuem para a vulnerabilidade dos dois níveis em análise.

Foi também avaliada a associação entre a vulnerabilidade e cada uma das seguintes categorias de espécie: endémicas, nativas não endémicas e exóticas. Esta avaliação permite perceber se a variável categoria de espécie é um critério importante para a sua vulnerabilidade.

Para a realização das análises de correlação recorreu-se ao *Software IBM SPSS Statistics version 22* (2013).

2.1.5 Avaliação da vulnerabilidade das espécies associadas aos diferentes habitats terrestres

A avaliação da vulnerabilidade dos habitats foi realizada recorrendo a uma avaliação *expert judgement* para os quatro habitats terrestres da ilha da Madeira identificados por Capelo (2004), nomeadamente o Maciço Montanhoso Central, a Floresta Laurissilva, o Matagal do Marmulano e o Zambujal Madeirense. Esta avaliação teve em conta a informação da modelação bioclimática elaborada para o Maciço Montanhoso Central e a Floresta Laurissilva no projeto CLIMAAT II (Cruz et al., 2009), a avaliação da vulnerabilidade das espécies-alvo dependentes um dos habitats da ilha durante todo ou parte do seu ciclo de vida, e o conhecimento existente acerca do estado atual dos habitats. Relativamente ao Matagal do Marmulano e ao Zambujal Madeirense não existe modelação bioclimática nem uma base de dados georreferenciada com a informação sobre a sua distribuição real, sendo portanto apenas utilizada a informação relativa à vulnerabilidade das espécies confinadas a estes habitats e ao conhecimento existente do terreno.

2.1.6 Avaliação da confiança nos resultados da vulnerabilidade e das principais lacunas de conhecimento

Para a avaliação da confiança nos resultados obtidos com o CCVI para as espécies e grupos terrestres, calculou-se, para cada espécie e cada cenário em cada horizonte temporal, o número de fatores para os quais a resposta foi “desconhecida”, ou seja, os fatores aos quais o especialista não respondeu. A confiança nos resultados de cada espécie corresponde à percentagem dos fatores com influência desconhecida, e foi ordenada com base na escala da Tabela 5.

Tabela 5 - Escala de confiança (%) dos resultados por espécie/grupo, calculada a partir do cálculo do quociente entre o número de fatores e o número de respostas “desconhecidas” por espécie-alvo.

Escala de confiança	
80 – 100%	Muito alta
60 – 80%	Alta
40 – 60%	Média
20 – 40%	Baixa
0 – 20%	Muito baixa

A avaliação da confiança relativamente a cada grupo foi calculada através do cálculo do quociente entre o número de fatores e o número de respostas “desconhecidas” por espécie-alvo multiplicando por 100, resultando numa percentagem da confiança. Foi calculada a média global do grupo a partir da percentagem de confiança atribuída para cada espécie e foram quantificados os fatores para os quais existem as principais lacunas no conhecimento.

No Anexo 2 apresenta-se um exemplo de como foi realizada a avaliação da confiança e das lacunas no conhecimento para um dos grupos estudados (plantas vasculares).

Relativamente aos habitats terrestres, a confiança e as lacunas no conhecimento foram quantificadas com base em *expert judgement* tendo em conta a existência de dados relativos à sua distribuição real e de estudos de modelação bioclimática. Para esta avaliação foi também utilizada a escala da Tabela 5.

2.2 Adaptação

Ao nível da adaptação autónoma, foi avaliada a capacidade atual de resposta dos sistemas humanos para cada um dos grupos e habitats estudados. Numa segunda fase, e ao nível da adaptação planeada, foram definidas medidas de adaptação para a biodiversidade terrestre do Arquipélago da Madeira com base nas vulnerabilidades identificadas, nos fatores que mais contribuem para uma maior vulnerabilidade da biodiversidade, nas lacunas do conhecimento, e nos resultados relativos ao estado atual de conservação.

2.2.1 Avaliação do estado atual de conservação dos grupos e habitats terrestres

Nesta avaliação não foi considerada a capacidade adaptativa intrínseca das espécies, i.e. dos sistemas naturais, mas sim, a capacidade atual dos sistemas humanos de responder aos impactos esperados das alterações climáticas na biodiversidade, de forma a favorecer e promover a sua conservação.

O processo de priorização é fundamental para minimização dos impactos na biodiversidade (Brooks et al., 2006; Freudenberger et al., 2013; Trouwborst, 2014). Como é sugerido por Freudenberger e colegas (2013) e Trouwborst (2014) as condições socioeconómicas e o contexto legal/político devem ser tidos em conta durante o processo de definição de prioridades, pois têm um papel fundamental para uma maior eficácia em termos de conservação e adaptação às alterações climáticas. Como tal, a metodologia utilizada para avaliar o estado atual de conservação considera dois critérios (Tabela 6):

1) Planos/programas/projetos de conservação: no presente critério, o estado atual de conservação foi avaliado com base na existência ou não de planos de conservação atuais para cada grupo e habitat terrestre estudado;

2) Nível de proteção: Para os grupos estudados este critério foi avaliado tendo em conta a existência de estatuto de ameaça IUCN para as espécies-alvo e de estatuto de proteção legal ao nível europeu (e.g. Diretiva Aves). Para os habitats estudados, o nível de proteção foi avaliado com base na sua inclusão na Diretiva Habitats.

A cada um dos critérios foi atribuída uma avaliação para os diferentes grupos e habitats terrestres que, por fim, se traduziu numa avaliação global do estado atual de conservação (Tabela 6). Esta análise foi elaborada com base em revisão bibliográfica proveniente do Parque Natural da Madeira (disponível *on-line* em <http://www.pnm.pt/>) e, posteriormente, validada por peritos e agentes externos no 1º *workshop* (ver lista de participantes no Anexo 4) do projeto CLIMA-Madeira, a 12 de Fevereiro de 2015 no Funchal.

Tabela 6 - Critérios e escala de avaliação do estado atual de conservação.

Critérios	Avaliação
Planos/programas/projetos de conservação	(-) Não existem planos (+) Existem planos
Nível de proteção	(-) Não existe proteção ou proteção reduzida (+) Elevado grau de proteção (todas as espécies ou grande parte da área de distribuição no caso dos habitats)
Estado de conservação atual (-) Reduzido (+/-) Razoável (+) Elevado	

Seguidamente foi feita uma análise simplificada da relação entre o estado atual de conservação, o conhecimento existente acerca dos grupos e habitats, proveniente da avaliação do nível de confiança nos resultados obtidos e das principais lacunas no conhecimento identificadas, e a sua vulnerabilidade às alterações climáticas, de forma a comparar estes três aspetos e poder perceber quais os grupos ou habitats mais prioritários para adaptação (German Federal Ministry for Economic Cooperation and Development [BMZ], 2014). Esta avaliação foi realizada utilizando a escala de avaliação do estado atual de conservação que se encontra na Tabela 6 e uma escala de vulnerabilidade simplificada, que varia entre as seguintes classes: muito vulnerável, vulnerável e neutra.

2.2.2 Definição de medidas de adaptação

A definição de medidas de adaptação às alterações climáticas teve como base:

- 1) As vulnerabilidades identificadas para as espécies e habitats estudados;
- 2) Os resultados provenientes da análise estatística efetuada para identificar os principais fatores que contribuem para a vulnerabilidade de todas as espécies e dos três grupos analisados, assim como, o resultado da análise da associação entre as variáveis “vulnerabilidade” e “categoria de espécie”;
- 3) A confiança obtida nas avaliações de vulnerabilidade e as lacunas de conhecimento;
- 4) A avaliação do estado atual de conservação dos grupos e dos habitats, de forma a salientar ou reforçar medidas relevantes que possam já estar a ser implementadas ou a propor novas medidas que ainda não foram tidas em conta.

Desta forma, foi identificado um conjunto de medidas de adaptação para o futuro para o sector da biodiversidade que foram compiladas através de:

- 1) Medidas identificadas no 1º *workshop* do projeto CLIMA-Madeira, por agentes externos representativos do poder regional, do poder e conhecimento local, da sociedade civil e da indústria no Arquipélago da Madeira (ver lista de participantes no Anexo 4);
- 2) Seleção de medidas listadas na Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas para o sector da biodiversidade (Araújo et al., 2013) e adaptação das mesmas de modo a que sejam aplicáveis à realidade da região;
- 3) Identificação de medidas que poderão ter relevância para reduzir as vulnerabilidades em outros setores estudados no projeto, sobretudo Agricultura e florestas e turismo (Gomes et al., 2015).

As várias medidas selecionadas foram agrupadas mediante as seguintes dimensões (Gomes et al., 2015):

- i) Conhecimento - níveis de educação e consciencialização, assim como iniciativas de disseminação de informação sobre alterações climáticas e dos seus impactos;

- ii) Tecnologia – disponibilidade e acesso a opções tecnológicas para a adaptação, e estado de desenvolvimento tecnológico do sistema;
- iii) Governança – aspetos legais, institucionais e de Governança, que incluem a capacidade e a eficiência das instituições chave, transparência de processos e de tomada de decisão, aplicação de leis ambientais, podendo também ser incluídos os processos de participação;
- iv) Sócio-economia – medidas que possam contribuir para o desenvolvimento socioeconómico da região (e.g., promover a educação, melhorar a qualidade de vida, entre outras);
- v) Natureza – medidas baseadas no uso da biodiversidade e dos serviços de ecossistemas para suportar a adaptação.

Devido à limitada disponibilidade de recursos, é necessário definir prioridades para conservação da biodiversidade (Freudenberger et al., 2013), pelo que num 2º *workshop* no Funchal, este conjunto de medidas foi alvo de uma priorização por parte dos agentes externos (ver lista de participantes no Anexo 4) através de votação individual e posterior consenso, tendo-se procedido da seguinte forma:

- 1) Primeiramente, foram apresentados os resultados da vulnerabilidade dos grupos e habitats avaliados, a confiança nos resultados e o estado atual de conservação;
- 2) Foram expostas as medidas de adaptação previamente compiladas;
- 3) Formou-se um grupo de trabalho de doze pessoas em que cada agente fez uma priorização individual das medidas;
- 4) Seguidamente, em grupo e de uma forma consensual foram selecionadas as 5 medidas consideradas mais prioritárias e 5 prioritárias.

3. Resultados

3.1 Avaliação da vulnerabilidade

3.1.1 Vulnerabilidade das espécies terrestres

No Anexo 3 encontram-se em pormenor as vulnerabilidades estimadas de todas as espécie-alvo, sendo que nesta seção são apresentados esses resultados sumarizados para os cenários A2 e B2 para curto, médio e longo prazo (Figura 10).

As espécies de líquenes estudadas apresentam, na sua maioria, uma vulnerabilidade “Neutra (0)” a curto, médio e longo prazo em ambos os cenários climáticos, à exceção de *Sticta canariensis* que a longo prazo no cenário A2 apresenta uma vulnerabilidade “Muito negativa (-2)”.

A vulnerabilidade das espécies de briófitos irá aumentar a médio e longo prazo. As espécies que a curto e médio prazo apresentam uma vulnerabilidade “Negativa (-1)”, a longo prazo no cenário B2 passam a apresentar uma vulnerabilidade “Muito negativa (-2)” e no cenário A2 uma vulnerabilidade “Crítica (-3)”. Relativamente às espécies com uma vulnerabilidade “Neutra (0)” a curto e médio prazo, a longo prazo apresentam uma vulnerabilidade “Negativa (-1)”. A espécie *Echinodium spinosum* atravessa dois níveis na escala de vulnerabilidade desde o início até ao final do século, passando de “Neutra (0)” a “Crítica (-3)”.

A maioria das espécies de plantas vasculares estudadas apresenta também um aumento da sua vulnerabilidade a longo prazo em ambos os cenários. Apenas a espécie exótica *Acacia mearnsii* mantém a longo prazo uma vulnerabilidade “Positiva (1)”, podendo vir a beneficiar das alterações climáticas.

O grupo dos moluscos apresenta o mesmo padrão de aumento de vulnerabilidade a longo prazo.

O grupo dos artrópodes não apresenta um padrão de vulnerabilidade comum nos diferentes cenários e períodos temporais, sendo que quatro espécies aumentam a sua vulnerabilidade para “Negativa (-1)”, “Muito negativa (-2)” ou “Crítica (-3)”. No entanto, três espécies de artrópodes apresentam uma vulnerabilidade “Neutra (0)” em ambos os cenários e períodos temporais. As espécies exóticas e com elevada capacidade

de invasão *Linepithema humile* e *Aedes aegypti* foram avaliadas com uma vulnerabilidade “Positiva (1)” para o final do século, pelo que irão ser favorecidas com o efeito das alterações climáticas.

No grupo dos répteis, a espécie *Tarentola boettgeri bischoffi* foi avaliada com uma vulnerabilidade “Negativa (-1)” a curto e médio prazo em ambos os cenários e a longo prazo no cenário A2 atingiu uma vulnerabilidade “Crítica (-3)”. As espécies *Hemidactylus mabouia* e *Tarentola mauritanica*, apresentam uma vulnerabilidade “Positiva (1)” no final do século para o cenário A2. A espécie *Teira dugesii* apresenta uma vulnerabilidade “Neutra (0)” em ambos os cenários e períodos temporais. À semelhança da espécie *Teira dugesii*, as três espécies de mamíferos avaliadas também apresentam uma vulnerabilidade “Neutra (0)”. A maioria das espécies de aves apresenta uma vulnerabilidade “Neutra (0)” a longo prazo, com exceção das espécies *Pterodroma deserta* e *Pterodroma madeira* que apresentam uma vulnerabilidade “Negativa (-2)” a longo prazo.

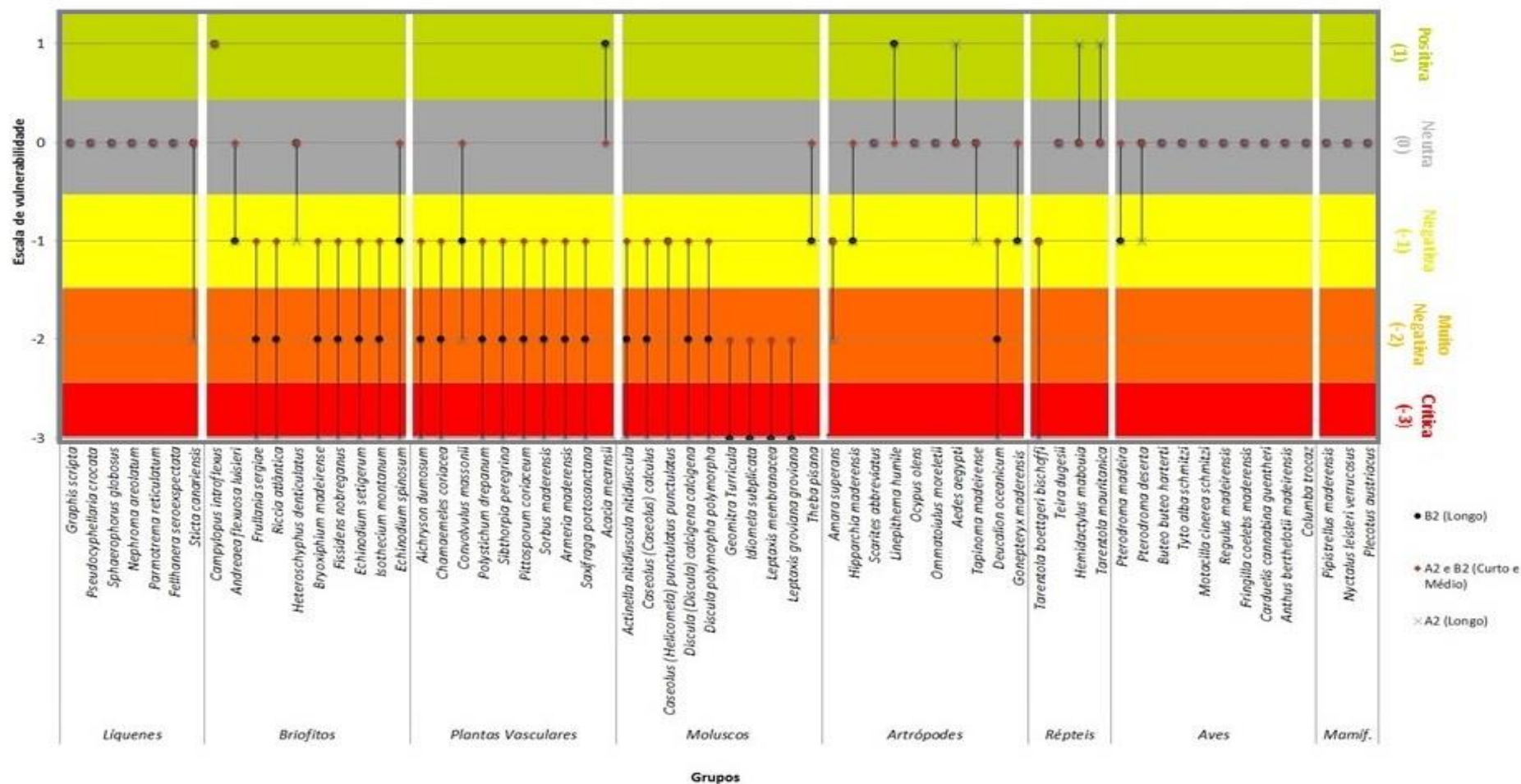


Figura 10 - Vulnerabilidade das espécies-alvo para todos os cenários e períodos temporais.

3.1.2 Vulnerabilidade dos grupos terrestres

Na Figura 11 é apresentada a vulnerabilidade por grupo para o cenário A2 a longo prazo. Os grupos que apresentam um maior número de espécies vulneráveis são os briófitos, as plantas vasculares e os moluscos. Destes, 80% das espécies de plantas vasculares e de moluscos terrestres e 70% das espécies de briófitos foram classificadas na classe “Crítica (-3)”. Em relação ao grupo dos artrópodes, 30% das espécies apresentam uma vulnerabilidade “Negativa (-1)” e 30% vulnerabilidade “Neutra (0)”. Na sua grande maioria, as espécies de aves, mamíferos e líquenes apresentam uma vulnerabilidade “Neutra (0)”. Por fim, estão classificados com vulnerabilidade “Positiva (1)” 10% dos briófitos, das plantas vasculares e dos moluscos, 20% dos artrópodes e duas das quatro espécies de répteis avaliadas, podendo-se concluir que estas espécies poderão beneficiar com os efeitos das alterações climáticas.

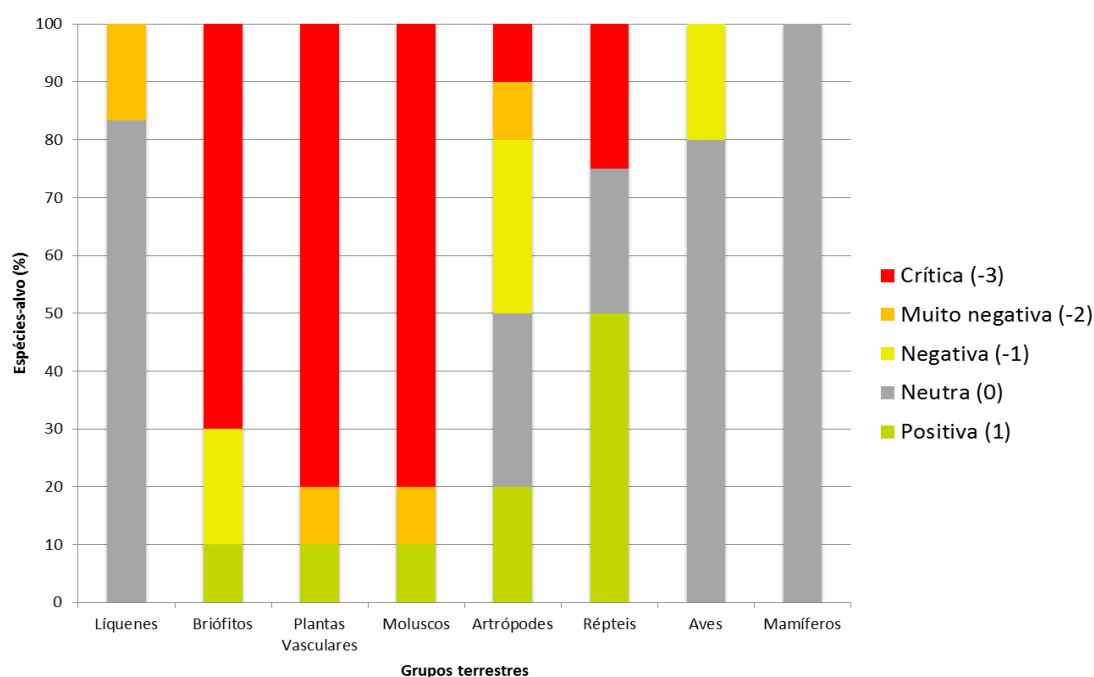


Figura 11 - Percentagem de espécies-alvo dos diferentes grupos terrestres por classe de vulnerabilidade para o cenário A2 a longo prazo.

3.1.3 Principais fatores de vulnerabilidade

Na Tabela 7 são apresentadas as correlações entre a vulnerabilidade e os fatores, sendo que a negrito se encontram as correlações mais significativas (≤ 0.001). Os fatores que mais contribuem para a vulnerabilidade das espécies estudadas por ordem decrescente de importância são os seguintes:

- 1) Capacidade de dispersão;
- 2) Barreiras naturais;
- 3) Barreiras antropogénicas;
- 4) Nicho histórico – tolerância hidrológica;
- 5) Regime de distúrbios;
- 6) Nicho fisiológico - tolerância hidrológica;
- 7) Interação com outras espécies;
- 8) Nicho fisiológico – tolerância térmica;
- 9) Alterações dos usos do solo devido às alterações climáticas;
- 10) Dependência de outras espécies para criação de habitat.

Ao nível dos três grupos alvo, verifica-se que existem semelhanças entre os fatores resultantes da avaliação geral (de todas as espécies) e os fatores mais significativos no grupo das plantas e dos invertebrados (Tabela 7). É visível que os fatores com correlações mais significativas no grupo das plantas são os mesmos fatores identificados na análise geral à exceção dos seguintes:

- 1) Regime de distúrbios;
- 2) Interação com outras espécies;
- 3) Dependência de outras espécies para criação de habitat.

No grupo dos invertebrados o padrão é semelhante à análise geral com o acréscimo de mais um fator devido essencialmente às espécies analisadas de artrópodes: subida do nível do mar.

Relativamente ao grupo dos vertebrados os fatores diferem da análise geral, contudo é visível que os fatores com correlações mais significativas são os fatores relativamente aos nichos históricos e fisiológicos. Este resultado deve-se às espécies analisadas de répteis e, mais especificamente, às espécies exóticas analisadas.

Alguns fatores não foram considerados nesta análise, devido a apresentarem respostas desconhecidas ou neutras. Verifica-se que alguns fatores não foram tidos em conta para todas as espécies e grupos analisados, nomeadamente os fatores “polinizadores”, “dependência de outras espécies para dispersar” e “fenologia”. Ao nível dos grupos, nas plantas foram, também, excluídos os fatores “subida do nível do mar”, “nicho histórico – tolerância hidrológica” e “dieta”. No grupo dos invertebrados o fator “*Bottleneck*” também não foi tido em conta e no grupo dos vertebrados, verificaram-se resultados maioritariamente neutros para os fatores “barreiras antropogénicas”, “gelo/neve”, “dependência de outras espécies para criação de habitat” e “*Bottleneck*”.

Os fatores “características geológicas incomuns”, “gelo/neve”, “variabilidade genética” e a “dieta” foram avaliados, contudo não apresentam correlações significativas com a vulnerabilidade de nenhum grupo. O mesmo é visível para o grupo dos vertebrados e das plantas com os fatores “regime de distúrbios” e “interação com outras espécies”.

Tabela 7 - Correlações entre a importância de cada factor e a vulnerabilidade do conjunto de todas as espécies-alvo e para três grandes grupos taxonómicos: plantas, invertebrados e vertebrados. A negrito estão assinaladas as correlações com $P < 0.001$. O gradiente de cores do verde ao vermelho reflete o aumento da importância da correlação.

Fatores de vulnerabilidade	Vulnerabilidade			
	Todas as espécies-alvo	Plantas	Invertebrados	Vertebrados
Subida do nível médio do mar	0,232 (N=63)	*	0,676 (N=19)	-0,264 (N=17)
Barreiras naturais	0,798 (N=63)	0,758 (N=26)	0,866 (N=19)	-0,012 (N=17)
Barreiras antropogénicas	0,741 (N=63)	0,717 (N=26)	0,893 (N=19)	*
Impacto nos usos do solo devido às alterações climáticas	0,570 (N=59)	0,607 (N=24)	0,336 (N=18)	0,377 (N=17)
Capacidade de dispersão	0,855 (N=62)	0,873 (N=25)	0,760 (N=19)	0,431 (N=17)
Nicho histórico - tolerância térmica	0,433 (N=21)	0,816 (N=4)	0,272 (N=10)	1,000 (N=7)
Nicho fisiológico - tolerância térmica	0,593 (N=61)	0,601 (N=24)	0,252 (N=19)	0,826 (N=17)
Nicho histórico - tolerância hidrológica	0,722 (N=22)	*	0,272 (N=10)	1,000 (N=17)
Nicho fisiológico - tolerância hidrológica	0,614 (N=63)	0,684 (N=26)	-0,015 (N=19)	0,692 (N=17)
Regime de distúrbios	0,644 (N=63)	0,490 (N=26)	0,941 (N=19)	0,412 (N=17)
Gelo/neve	0,195 (N=63)	0,164 (N=26)	0,229 (N=19)	*
Características geológicas incomuns	0,165 (N=60)	0,228 (N=23)	0,229 (N=19)	0,489 (N=17)
Dependência de outras espécies para criação de habitat	0,490 (N=61)	0,002 (N=26)	0,708 (N=19)	*
Dieta	0,187 (N=39)	*	-0,206 (N=19)	-0,274 (N=17)
Polinizadores	*	*	*	*
Dependência de outras espécies para dispersar	*	*	*	*
Interação com outras espécies	0,603 (N=61)	0,351 (N=24)	0,871 (N=19)	0,508 (N=17)
Variabilidade genética	0,349 (N=25)	*	-0,125 (N=9)	0,683 (N=7)
<i>Bottleneck</i>	0,696 (N=6)	*	*	*
Fenologia	*	*	*	*

* Correlação não avaliada por apresentar resposta neutra ou desconhecida.

A Figura 12 apresenta os valores de classe de vulnerabilidade de grupos de espécies definidos pela sua categoria - endémica, exótica e nativa não endémica. As espécies endémicas foram classificadas predominantemente na classe de vulnerabilidade “Crítica (3)”. Em relação às espécies exóticas foram apenas estudadas 9 espécies e verifica-se que estão classificadas na sua maioria com vulnerabilidade “Positiva (1)”. Relativamente às espécies nativas não endémicas, a amostra é inferior às restantes categorias de espécie tendo sido analisadas somente 7 espécies, que se encontram distribuídas nas classes de vulnerabilidade “Neutra (0)” e “Negativa (-1)”.

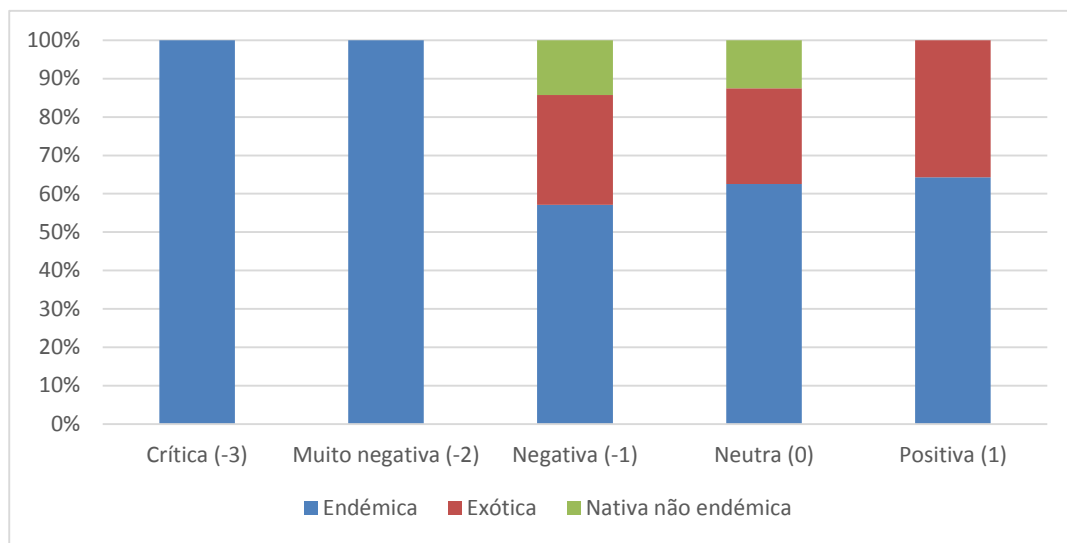


Figura 12 – Agrupamento das espécies analisadas de acordo com a sua categoria (endémica, exótica e nativa não endémica) e com a sua classe de vulnerabilidade.

3.1.4 Vulnerabilidade dos habitats terrestres inferida a partir da vulnerabilidade das espécies associadas

Para esta avaliação foram apenas consideradas as espécies-alvo associadas a um determinado habitat da ilha da Madeira durante parte ou todo o seu ciclo de vida (35 das 64 espécies estudadas). O Maciço Montanhoso Central e a Laurissilva são os habitats com um maior e mais diversificado número de espécies consideradas, sendo portanto os habitats melhor representados neste estudo. Na Figura 13 encontram-se os resultados da vulnerabilidade das espécies por habitat. O Maciço Montanhoso Central apresenta um maior número de espécies na classe “Negativa (-1)” e a Laurissilva na categoria “Neutra (0)”. Os habitats Matagal do Marmulano e Zambujal Madeirense contêm um maior número de espécies classificadas com vulnerabilidade “Crítica (-3)”.

Os resultados provenientes da modelação bioclimática realizada no estudo CLIMAAT II (Cruz et al., 2009) para os habitats Maciço Montanhoso Central e Laurissilva indicam que poderá haver uma potencial deslocação dos habitats em altitude com as alterações climáticas, resultando numa redução da área de distribuição do Maciço Montanhoso Central e na sua substituição progressiva por vegetação típica de Laurissilva. No entanto, considerando o conhecimento existente sobre as características atuais de distribuição dos habitats e os diferentes usos do solo na ilha da Madeira, mesmo que a Laurissilva potencialmente se possa deslocar em altitude esta deslocação será condicionada pela topografia e pelo tipo de substrato. Ou seja, espera-se que a área de distribuição do habitat do Maciço incorra reduções significativas e que a área de distribuição da Laurissilva não sofra grandes alterações (pelo menos devido aos impactos diretos das alterações climáticas, já que outros impactos poderão ocorrer como o aumento da frequência de fogos) (Cruz et al., 2009). Os habitats Matagal do Marmulano e Zambujal Madeirense não foram alvo de um estudo de modelação bioclimática; contudo são habitats bastante condicionados pela forte pressão urbana e fragmentação do território. Assim, os habitats Maciço Montanhoso Central, Matagal do Marmulano e Zambujal Madeirense foram avaliados com vulnerabilidade “Crítica (-3)” no cenário A2 para longo prazo e a Laurissilva foi avaliada com vulnerabilidade “Muito negativa (-2)”.

3.1.5 Confiança nos resultados e principais lacunas no conhecimento

Na Tabela 8 apresentam-se os fatores que mais contribuem para uma menor confiança nos resultados obtidos para os grupos analisados, assim como, um resumo das principais lacunas no conhecimento.

3.1.5.1 Grupos terrestres

Verifica-se que houve valores de confiança “Alta” ou “Muito Alta” na aplicação do índice CCVI para todos os grupos taxonómicos. A confiança foi “Muito alta” nos grupos dos moluscos e dos répteis (entre 80 e 100%), sendo o grupo dos moluscos o grupo onde o nível de confiança foi mais elevado. Para os restantes grupos a confiança foi “Alta” (entre 60 e 80%), destacando-se o grupo dos mamíferos, com valores de confiança entre os 70 e 80%. É de salientar que, apesar da confiança “Alta”, o grupo dos artrópodes é o grupo que apresenta uma menor confiança, seguindo-se o grupo das aves.

De uma forma geral, as principais lacunas do conhecimento no estudo dos potenciais efeitos das alterações climáticas na biodiversidade terrestre, prendem-se com falta de informação relativamente à fisiologia e fenologia das espécies (Tabela 8). Mais especificamente as principais falhas no conhecimento relativamente ao grupo dos líquenes prendem-se com falta de informação acerca da distribuição das espécies com elevada resolução espacial e isso leva a uma ausência de informação sobre o seu nicho ecológico. Para além disso não há informação relativamente a respostas fisiológicas e à variabilidade genética de cada espécie nem quanto à sua capacidade de adaptação às potenciais alterações climáticas. Os artrópodes são, de um modo geral, um grupo ainda insuficientemente estudado no Arquipélago da Madeira, existindo lacunas fundamentais no conhecimento sobre a biologia, distribuição, abundância e requisitos ecológicos, respostas fisiológicas, fenologia e genética da maioria das espécies. Em relação ao grupo das aves e briófitos, existe ainda alguma falta de informação acerca das respostas fisiológicas e fenológicas das espécies a alterações climáticas. Nos mamíferos as lacunas são ao nível da variabilidade genética e da capacidade de adaptação das espécies às alterações climáticas. No grupo dos moluscos, o principal fator que reduz a confiança é a reduzida informação relativamente às possíveis alterações dos usos do solo que poderão surgir como forma de mitigação. Nas plantas

vasculares, as falhas de conhecimento prendem-se essencialmente com a falta de informação relativamente a respostas fisiológicas e nos répteis com respostas fenológicas, nomeadamente no que diz respeito à possibilidade de antecipar ou adiar a reprodução consoante a temperatura e/ou a disponibilidade de alimento.

Tabela 8 - Confiança nos resultados e principais lacunas no conhecimento para os grupos terrestres estudados.

Grupos terrestres	Confiança (%)	Principais lacunas no conhecimento					
		Biologia e ecologia	Fisiologia	Fenologia	Nicho ecológico	Variabilidade genética	Alterações dos usos do solo devido às alterações climáticas
Líquenes	Alta (67%)						
Briófitos	Alta (67%)						
Plantas vasculares	Alta (68%)						
Moluscos	Muito alta (83%)						
Artrópodes	Alta (62%)						
Répteis	Muito alta (81%)						
Aves	Alta (63%)						
Mamíferos	Alta (75%)						

3.1.5.2 Habitats terrestres

Relativamente aos habitats, foi atribuída uma confiança “Baixa” (entre 20 e 40%) para os habitats Maciço Montanhoso Central e Laurissilva visto que, apesar de existir um estudo de modelação bioclimática (Cruz et al., 2009) para os mesmos, existem ainda lacunas substanciais no conhecimento. Em relação aos habitats Matagal do Marmulano e Zambujal Madeirense, a confiança nos resultados foi considerada “Muito baixa” (entre 0 e 20%) devido à ausência de estudos acerca da sua distribuição real, de modelação bioclimática que permita identificar os impactos que as alterações climáticas poderão ter nestes habitats e nas espécies que os compõem e do facto de a avaliação ter sido apenas baseada nas espécies dependentes dos mesmos.

Para os habitats naturais, as principais falhas no conhecimento prendem-se com falta de informação sobre a sua distribuição real assim como as limitações inerentes à modelação dos impactos das alterações climáticas. Visto que existe modelação bioclimática para os habitats Maciço Montanhoso Central e Laurissilva, os potenciais impactos diretos das alterações climáticas já são conhecidos para estes dois habitats. Contudo, existe uma elevada incerteza ao nível dos impactos indiretos da variação da precipitação oculta e no que concerne ao tipo de resposta que as espécies individuais poderão ter às alterações climáticas e das suas interações bióticas. Para os habitats do Matagal Marmulano e do Zambujal Madeirense não existe qualquer informação disponível sobre os potenciais impactos diretos ou indiretos, sendo muito reduzido o conhecimento ao nível dos impactos esperados para estes dois habitats. Para além disso, existem também falhas no conhecimento relativamente à distribuição real e estado de conservação destes habitats.

3.2 Adaptação

3.2.1 Avaliação do estado atual de conservação dos grupos e habitats terrestres

Na Tabela 9 apresenta-se a avaliação do estado atual de conservação dos grupos e habitats estudados de acordo com a avaliação dos critérios planos/ programas/ projetos de conservação atuais e nível de proteção.

Tabela 9 - Avaliação do estado atual de conservação dos grupos e habitats terrestres de acordo com os critérios: planos/ programas/ projetos de conservação e nível de proteção atual.

Grupos e habitats terrestres	Planos/ programas/ projetos de conservação atuais	Nível de proteção atual	Estado atual de conservação
Líquenes	-	-	-
Briófitos	-	+	+/-
Plantas vasculares	+	+	+
Moluscos	+	+	+
Artrópodes	+	-	+/-
Répteis	+	+	+
Aves	+	+	+
Mamíferos	-	+	+/-
Maciço Montanhoso Central	+	+	+
Laurissilva	+	+	+
Matagal do Marmulano	-	-	-
Zambujal Madeirense	-	-	-

Planos/ programas/ projetos de conservação

Na Tabela 10 apresentam-se os planos/ programas/ projetos de conservação atuais relativos aos grupos e/ou habitats estudados. Em relação aos grupos terrestres, existem planos a decorrer atualmente para os grupos das plantas vasculares, dos moluscos, dos artrópodes, dos répteis e das aves; por outro lado não existem planos para o grupo dos líquenes, dos briófitos e dos mamíferos pelo que a classificação para estes grupos foi negativa (-) (Tabela 9).

Quanto aos habitats terrestres, a classificação foi positiva (+) para o Maciço Montanhoso Central e Laurissilva (Tabela 9), pois existem projetos em curso que abrangem estes dois habitats (e.g., LIFE Maciço Montanhoso e LIFE RECOVER NATURA). Para os restantes habitats, nomeadamente o Matagal do Marmulano e Zambujal Madeirense, este critério foi classificado como negativo (-) (Tabela 9), pois não existem planos/programas ou projetos atuais que incluam os mesmos.

Tabela 10 - Planos/ programas/ projetos de conservação atuais relativos aos grupos e/ou habitats estudados.

Planos/ programas/ projetos	Objetivos	Grupos e/ou habitats incluídos
Projeto LIFE “RECOVER NATURA”	Recuperação de espécies e habitats terrestres dos sítios da Rede Natura 2000 da Ponta de São Lourenço e Ilhas Desertas, no Centro Cívico do Caniçal	Espécies e habitats considerados mais valiosos e ameaçados
Programa de controlo de plantas invasoras	<p>1) Salvaguarda do Património Natural da RAM, através do controlo e erradicação de plantas invasoras e da recuperação de ecossistemas naturais.</p> <p>2) Sensibilização dos gestores e utilizadores dos espaços naturais, assim como de todos aqueles que estão ligados ao setor da produção e venda de plantas.</p>	Todos os habitats naturais
Programa de monitorização do estado de conservação do pombo-torcaz	Estabelecer uma linha de monitorização, que permita seguir os efetivos populacionais da espécie e pela compatibilização entre a presença do pombo-torcaz e a prática agrícola nas zonas limítrofes do seu habitat, através da minimização dos estragos causados (ilha da Madeira).	Aves
Projeto LIFE "Conservação da Freira-da-Madeira através da recuperação do seu habitat"	Monitorização da população e avaliação do sucesso das medidas de gestão implementadas, para que se proceda a eventuais alterações no mesmo se assim for necessário.	Aves; Maciço Montanhoso Central

Programa de educação ambiental	O Centro de informação do Serviço do Parque Natural da Madeira (CISPNM), dando continuidade ao trabalho iniciado nos anos anteriores, apresentou e desenvolveu um programa de educação ambiental específico, para a ilha da Madeira e para Porto Santo, com um plano de atividades que visou promover a conservação da biodiversidade, mais especificamente nas áreas protegidas da RAM, assim como, os projetos de conservação e informação desenvolvidos nesses espaços.	Todos
Projeto LIFE Natureza "Medidas urgentes para a recuperação da Freira-do-Bugio (<i>Pterodroma deserta</i>) e do seu habitat/SOS Freira-do-Bugio"	Garantir que a população de Freira-do-Bugio e o seu habitat de nidificação nas ilhas Desertas.	Aves
Projeto LIFE "Maciço Montanhoso"	Recuperação e conservação de espécies e habitats do Maciço Montanhoso Central da Madeira.	Maciço Montanhoso Central

Levantamento das plantas e seus usos tradicionais	<p>1) Efetuar um levantamento da flora aromática e medicinal local, identificando e catalogando os seus usos, bem como as tradições e as tecnologias agrárias associadas, contribuindo para o conhecimento do património natural e o desenvolvimento rural da freguesia.</p> <p>2) Recuperar o conhecimento popular para as futuras gerações, valorizando as informações encontradas, através da edição duma publicação, da dinamização de exposições e um pequeno jardim de ervas aromáticas e medicinais, em modo de produção biológico.</p> <p>3) Contribuir para a diversificação e valorização das atividades rurais.</p>	Plantas vasculares
Projeto LIFE “Ilhéus do Porto Santo”	<p>Ocorre predominantemente na área terrestre dos seis ilhéus do Porto Santo: Ilhéu da Cal, Ilhéu do Farol, Ilhéu de Ferro, Ilhéu da Fonte da Areia, Ilhéu das Cenouras e Ilhéu de Fora. A área terrestre total a intervir é cerca de 232 hectares estando previstas cerca de 45 ações distintas. Este projeto é fundamental para cessar as causas e ameaças de degradação dos habitats.</p>	Todos

Nível de proteção

Na Tabela 11 apresentam-se os critérios de avaliação do nível de proteção atual dos grupos terrestres, nomeadamente a avaliação do estatuto de ameaça UICN das espécies e inclusão das mesmas em Diretivas Europeias. Nos grupos terrestres, existe um elevado nível de proteção (+) para os briófitos, plantas vasculares, moluscos, répteis, aves e mamíferos (Tabela 9). Todos estes grupos apresentam espécies com estatuto de ameaça avaliado pelo IUCN. Para além do estatuto, as plantas vasculares e a espécie *Lacerta/Teira dugesii* (grupo dos répteis) constam do Anexo B da Diretiva Habitats. As aves estão protegidas pela Diretiva Aves e algumas espécies de moluscos constam dos Anexos II e IV da Diretiva Habitats. O grupo dos líquenes foi avaliado negativamente (-) (Tabela 9), visto que não existe nível de proteção atual para as espécies estudadas, não estando estas incluídas em nenhuma Diretiva e o seu estatuto de ameaça ainda não se encontrar avaliado. O grupo dos artrópodes também foi avaliado negativamente (-) (Tabela 9), pois apresenta um nível de proteção reduzido, estando apenas duas espécies abrangidas pelo estatuto de ameaça IUCN.

Tabela 11 – Avaliação do estatuto de ameaça UICN das espécies e inclusão das mesmas em Diretivas Europeias.

Grupos terrestres	Avaliação do estatuto de ameaça UICN	Inclusão em Diretivas
Briófitos	Sim, várias espécies com estatuto de ameaça.	Não
Plantas vasculares	Sim, várias espécies com estatuto de ameaça.	Diretiva Habitats
Moluscos	Sim, várias espécies com estatuto de ameaça.	Diretiva Habitats
Répteis	Sim, várias espécies com estatuto de ameaça.	Diretiva Habitats
Aves	Sim, várias espécies com estatuto de ameaça.	Diretiva Aves
Mamíferos	Sim, várias espécies com estatuto de ameaça.	Não
Artrópodes	Apenas 2 espécies abrangidas.	Não
Líquenes	Não	Não

Ao nível dos habitats terrestres a Tabela 11 apresenta as áreas classificadas ao nível regional e da Rede Natura 2000, de forma a avaliar o nível de proteção dos habitats. A avaliação para o Maciço Montanhoso Central e Laurissilva foi positiva (+) (Tabela 9), pois estes habitats estão inseridos em áreas classificadas como Zonas Especiais de Conservação (ZEC) e Zonas de Proteção Especial (ZPE) e no Parque Natural da Madeira, encontrando-se com um elevado nível de proteção. Para o Zambujal Madeirense e Matagal do Marmulano a avaliação foi negativa (-) (Tabela 9) considerando que nem todo o habitat está protegido na totalidade. A área referente ao Zambujal Madeirense, habitat 9320 "Florestas de *Olea* e *Ceratonia*" da Diretiva Habitats, que se encontra dentro dos limites das áreas protegidas da Ilha da Madeira é muito reduzida, existindo apenas pequenas parcelas em ZPE da Rede Natura 2000 na zona do Pináculo e dos Moledos – Madalena do Mar, não estando a maior parte deste habitat incluído em áreas classificadas. Em Porto Santo e na Reserva Natural das Ilhas Desertas prevalecem alguns exemplares, porém não se pode considerar uma verdadeira formação florestal, devido ao facto de apenas acorrem alguns elementos bastante dispersos. Relativamente ao Matagal do Marmulano, corresponde a uma variante mediterrânica sub-xerofítica do habitat prioritário 9360 "laurissilvas macaronésicas", também apenas uma pequena parte deste se encontra incluída no Parque Natural da Madeira. Em Porto Santo existem alguns exemplares, sendo estes mais predominantes na ZEC do Pico Branco; contudo na Reserva Natural das Ilhas Desertas os poucos exemplares existentes encontram-se bastante dispersos. Apenas algumas espécies que compõem estes dois ecossistemas se encontram protegidas e estão incluídas em alguns planos de gestão, como exemplo, duas espécies pertencentes ao Zambujal Madeirense a espécies prioritária *Chamaemeles coriacea* e *Maytenus umbellata* que são referenciadas no plano de gestão do Pináculo encontrado numa área classificada como ZEC.

Tabela 12 – Áreas classificadas ao nível regional e da Rede Natura 2000.

Classificação regional	
Área	Tipo classificação
Parque Natural da Madeira	Inclui áreas com diferentes tipos de proteção
Reserva Natural das Ilhas Desertas	Reserva Natural (sobrepõe a área classificada de ZEC e ZPE)
Reserva Natural das Ilhas Selvagens	Reserva Natural (sobrepõe a área classificada de ZEC e ZPE)
Classificação da Rede Natura 2000 (Europeu)	
Área	Tipo classificação
Maciço Montanhoso Central	Área Classificada de ZEC e ZPE apenas a zona ocidental, totalmente incluída no PNM
Laurissilva	Área Classificada de ZEC e ZPE, maioritariamente incluída no PNM
Ponta de São Lourenço	Área Classificada de ZEC, parcialmente incluída no PNM e ZPE
Ilhéu da Viúva	Área Classificada de ZEC, sobrepõe à Reserva Natural da Rocha do Navio
Achadas da Cruz	Área Classificada de ZEC
Moledos	Área Classificada de ZEC
Pináculo	Área Classificada de ZEC
Pico Branco (Porto Santo)	Área Classificada de ZEC
Ilhéus do Porto Santo	Área Classificada de ZEC, incluída na Rede de Áreas Marinhas Protegidas do Porto Santo
Ilhas Desertas	Área Classificada de ZEC e ZPE, sobrepõe à Reserva Natural das Ilhas Desertas
Ilhas Selvagens	Área Classificada de ZEC e ZPE, sobrepõe à Reserva Natural das Ilhas Selvagens

Estado atual de conservação

Na Tabela 9 apresentam-se os resultados do estado atual de conservação dos grupos e habitats estudados, obtidos a partir das avaliações acima descritas. Com estado de conservação reduzido (-) estão os habitats Matagal do Marmulano, Zambujal Madeirense e o grupo dos líquenes. Como razoável (+/-) encontra-se o grupo dos briófitos, dos artrópodes e dos mamíferos. Foram classificados com estado de

conservação elevado (+) o grupo das plantas vasculares, dos moluscos, das aves, dos répteis e os habitats Maciço Montanhoso Central e Laurissilva.

É de salientar que após esta avaliação global se verifica que os habitats Matagal do Marmulano, Zambujal Madeirense e o grupo dos líquenes apresentam um estado de conservação inferior aos restantes grupos e habitats terrestres estudados, pelo que apresentam uma maior necessidade em termos de conservação.

3.2.2 Vulnerabilidade, conhecimento e estado atual de conservação

A presente análise considera uma representação simplificada da relação entre a vulnerabilidade dos grupos e habitats terrestres, o conhecimento relativamente a estes e a avaliação do seu estado atual de conservação (Tabela 13).

No que concerne aos grupos terrestres, dentro dos grupos mais vulneráveis, as plantas vasculares e os moluscos são os grupos com um estado atual de conservação mais elevado; por oposição o grupo dos briófitos apresenta um estado de conservação atual inferior. O grupo dos artrópodes está classificado como grupo vulnerável às alterações climáticas e com reduzido estado atual de conservação. Dos grupos em que a vulnerabilidade é neutra, os répteis e aves apresentam um estado de conservação elevado, enquanto os mamíferos estão classificados como razoável. O grupo dos líquenes, apesar de estar classificado com vulnerabilidade neutra, é o grupo que se encontra com o estado de conservação mais reduzido. Em relação ao conhecimento, este é mais elevado para o grupo dos moluscos e dos répteis e inferior para os restantes grupos avaliados.

Em relação aos habitats terrestres, o Maciço Montanhoso Central é o habitat mais vulnerável devido sobretudo ao facto de que, com o aumento da temperatura, o limite inferior do habitat tenderá a deslocar-se em altitude ficando cada vez mais confinado ao topo da ilha da Madeira, seguindo-se pela Laurissilva que tenderá a deslocar-se em altitude (sobretudo a Laurissilva do Til) estando condicionada pela topografia e substrato. Contudo o estado atual de conservação para ambos os habitats é elevado. No caso dos habitats Matagal do Marmulano e Zambujal Madeirense, considera-se que estes habitats estão muito vulneráveis às alterações climáticas,

essencialmente, devido ao facto de representarem pequenas parcelas, serem bastante fragmentados e impactados pela pressão urbana. Para além da elevada vulnerabilidade atribuída a estes habitats, apresentam também um estado atual de conservação inferior em comparação com os restantes grupos e habitats. A avaliação do conhecimento, também identifica o Matagal do Marmulano e o Zambujal Madeirense como os habitats com maiores lacunas a este nível, pelo que se tornam prioritários para adaptação às alterações climáticas.

Tabela 13 - Tabela resumo que relaciona a vulnerabilidade, o conhecimento e o estado atual de conservação dos grupos e habitats terrestres. A vulnerabilidade varia entre “Muito vulnerável” e “Neutra”; o conhecimento entre “Muito alto (++)” e “Muito baixo (--)” e o estado atual de conservação varia entre “Elevado” e “Reduzido”. O gradiente de cores do verde ao vermelho reflete o aumento da vulnerabilidade e a redução do estado atual de conservação e conhecimento. O asterisco indica que a classe não foi considerada para nenhum grupo ou habitat estudado.

Grupos e habitats terrestres		Vulnerabilidade		
		Muito vulnerável	Vulnerável	Neutra
Estado atual de conservação	Reduzido	Matagal do Marmulano (--) Zambujal Madeirense (--)	*	Líquenes (+)
	Razoável	Briófitos (+)	Artrópodes (+)	Mamíferos (+)
	Elevado	Plantas vasculares (+) Moluscos (++) Maciço Montanhoso Central (+)	Laurissilva (+)	Aves (+) Répteis (++)

*Classe não considerada para nenhum grupo ou habitat estudado.

3.2.3 Medidas de adaptação

Foram selecionadas 16 medidas de adaptação (Tabela 14), sendo a maioria provenientes da ENAAC (Araújo et al., 2013). Foram identificadas 7 medidas que possuem relevância para outros sectores. Foram ainda indicadas no *workshop* algumas ações concretas para a RAM. Estas medidas de adaptação foram agrupadas pelas 5 dimensões de adaptação (conhecimento, tecnologia, governança, socio-economia e natureza). A maior parte destas medidas encontra-se agrupada nas dimensões do conhecimento e da governança devido essencialmente à necessidade de reduzir as substanciais lacunas no conhecimento identificadas, assim como de uma melhor articulação entre entidades competentes.

Tendo em conta as vulnerabilidades identificadas para as espécies-alvo e habitats do Arquipélago da Madeira foram selecionadas medidas que visam a redução dos impactos das alterações climáticas nas espécies e habitats considerados mais vulneráveis e promover a sua resiliência e.g., “2.2.3. Rever, implementar e fiscalizar planos de gestão e ação para espécies e habitats vulneráveis e áreas classificadas” e “2.1.1. Criar ou manter áreas de proteção, considerando os efeitos das alterações climáticas, para os ecossistemas e habitats mais vulneráveis (Maciço Montanhoso Central, Matagal Marmulano; Zambujal Madeirense) ”.

Os principais fatores de vulnerabilidade identificados neste estudo com correlações significativas mais elevadas foram as barreiras naturais e antropogénicas e a capacidade de dispersão. Tendo estes fatores em consideração e o facto de o critério “categoria de espécie” ser determinante para a vulnerabilidade das espécies-alvo, foram consideradas medidas que façam face aos fatores mais críticos e.g., “2.1.2. Garantir a existência de uma paisagem diversificada que suporte uma rede de corredores ecológicos eficaz”, “2.1.3. Reduzir outras pressões antropogénicas sobre a biodiversidade (pressão turística, aparecimento e estabelecimento espécies exóticas e sobre-exploração de recursos) ” e “1.2.1. Criar um programa de monitorização regional com espécies indicadoras das alterações climáticas reunidos numa base de dados em formato SIG (grupo dos líquenes, briófitos e moluscos) ”.

De forma a promover a monitorização de situações de risco (e.g., fogos e inundações) foi selecionada a medida “1.2.2. Criar planos de acompanhamento e

monitorização para situações de risco imprevisíveis, como os fogos, as inundações, as secas e as ondas de calor”.

Para fazer face às lacunas de conhecimento identificadas neste estudo foram selecionadas medidas como “1.1.1. Estabelecer planos regionais de investigação de longo termo sobre os efeitos e formas de adaptação ao nível de comunidade, ecossistema, paisagem e de espécies terrestres” e “1.1.2. Rever estatutos regionais de ameaça de espécies com base nos critérios definidos pela IUCN”.

Foram tidas em conta medidas referentes à sensibilização da população relativamente aos impactos das alterações climáticas na biodiversidade, mais especificamente a nível das espécies mais vulneráveis e.g., “3.1.2. Promover ações de formação sobre as alterações climáticas que contribuam para a valorização das espécies e habitats mais vulneráveis”.

Por fim, foram escolhidas medidas de adaptação associadas à dimensão Governança e que são de extrema relevância em termos da articulação e cooperação das entidades competentes nesta matéria e.g., “4.1.2. Melhorar a circulação e divulgação de informação e participar em projetos de cooperação sobre a adaptação da biodiversidade às alterações climáticas a nível regional, nacional (ENAA) e na região da Macaronésia”.

Tabela 14 - Medidas de adaptação às alterações climáticas identificadas para a biodiversidade terrestre.

Objetivo ENAAC	Objetivo específico	Medidas	Proveniência medidas	Medidas relevantes para outros sectores	Ações concretas já identificadas na Madeira	Dimensões de adaptação
1. Informação e conhecimento	1.1. Aumentar o conhecimento sobre os efeitos e formas de adaptação das espécies e habitats, e da estrutura e função dos ecossistemas às alterações climáticas.	1.1.1. Estabelecer planos regionais de investigação de longo termo sobre os efeitos e formas de adaptação ao nível de comunidade, ecossistema, paisagem e de espécies terrestres.	Adaptado ENAAC e WS	Todos os sectores	Considerar a Agência Regional para o Desenvolvimento da Investigação Tecnologia e Inovação – ARDITI.	Conhecimento
		1.1.2 Rever estatutos regionais de ameaça de espécies com base nos critérios definidos pela IUCN.	EN AAC e WS			Governança

Objetivo ENAAC	Objetivo específico	Medidas	Proveniência medidas	Medidas relevantes para outros sectores	Ações concretas já identificadas no Arquipélago da Madeira	Dimensões de adaptação
1. Informação e conhecimento.	1.2 Monitorizar os efeitos das alterações climáticas ao nível das espécies, habitats e ecossistemas.	1.2.1. Criar um programa de monitorização regional com espécies indicadoras das alterações climáticas e sistema de base de dados em formato SIG.	Adaptado ENAAC e WS	Todos os sectores	Medida para as espécies terrestres (grupo dos líquenes, briófitos e moluscos). Integrar esta medida nas plataformas SIG já existentes (e.g., VISOR-BIO do OOM).	Conhecimento Tecnologia
		1.2.2. Criar planos de acompanhamento e monitorização para situações de risco imprevisíveis, como os fogos, as inundações, as secas e as ondas de calor.	EN AAC	Todos os sectores		Conhecimento Tecnologia

Objetivo ENAAC	Objetivo específico	Medidas	Proveniência medidas	Medidas relevantes para outros sectores	Ações concretas já identificadas no Arquipélago da Madeira	Dimensões de adaptação
2. Reduzir a vulnerabilidade e aumentar a capacidade de resposta.	2.1 Diminuir a vulnerabilidade de espécies, habitats e ecossistemas aos efeitos das alterações climáticas	2.1.1. Criar ou manter áreas de proteção, considerando os efeitos das alterações climáticas, para os ecossistemas e habitats mais vulneráveis.	EN AAC	Recursos hídricos	Maciço Montanhoso Central, Matagal Marmulano; Zambujal Madeirense	Governança Natureza
		2.1.2. Garantir a existência de uma paisagem diversificada que suporte uma rede de corredores ecológicos eficaz.	EN AAC	Turismo, Agricultura e Florestas		Governança Natureza
		2.1.3. Reduzir outras pressões antropogénicas sobre a biodiversidade.	EN AAC	Turismo, Agricultura e Florestas	Pressão urbanística e turística. Aparecimento e estabelecimento de espécies exóticas e a sobre-exploração de recursos.	Governança Natureza

	2.2 Integrar a biodiversidade e as alterações climáticas nas várias políticas sectoriais, planos e programas, incluindo os instrumentos de gestão territorial de âmbito regional e local, e nos projetos.	2.2.1. Rever políticas sectoriais, planos e legislação associada e documentos de referência e garantir a sua validação climática em termos de biodiversidade.	EN AAC e WS	Todos os sectores		Governança
		2.2.2. Rever a Rede Fundamental de Conservação da Natureza (RFCN) face à problemática das alterações climáticas.	EN AAC	Florestas		Governança
		2.2.3. Rever, implementar e fiscalizar planos de gestão e ação para espécies e habitats vulneráveis e áreas classificadas.	EN AAC e WS			Governança

Objetivo ENAAC	Objetivo específico	Medidas	Proveniência medidas	Medidas relevantes para outros sectores	Ações concretas já identificadas no Arquipélago da Madeira	Dimensões de adaptação
3. Participar, sensibilizar e divulgar.	3.1 Capacitar os vários agentes públicos e privados com responsabilidades na tomada de decisões influenciadas pelas alterações climáticas.	3.1.1. Disponibilizar à sociedade e aos decisores o conhecimento científico atualizado sobre a adaptação da biodiversidade às alterações climáticas.	EN AAC e WS		Divulgar e promover a continuação da plataforma [CLIMA-Madeira].	Conhecimento
		3.1.2. Promover ações de formação sobre as alterações climáticas que contribuam para a valorização das espécies e habitats mais vulneráveis.	EN AAC e WS			Conhecimento Socio-economia
	3.2 Sensibilizar e envolver um vasto conjunto de partes interessadas na adaptação da biodiversidade às alterações climáticas.	3.2.1. Implementar um programa de sensibilização sobre alterações climáticas e a biodiversidade.	EN AAC e WS		Sessões de formação nas escolas da RAM.	Conhecimento Socio-economia

Objetivo ENAAC	Objetivo específico	Medidas	Proveniência medidas	Medidas relevantes para outros sectores	Ações concretas já identificadas na Madeira	Dimensões de adaptação
4. Cooperar a nível regional, nacional e internacional.	4.1 Cooperar a nível regional e com regiões da macaronésia.	4.1.1 Promover a cooperação e articulação de medidas de gestão entre diferentes instituições responsáveis pelas florestas, biodiversidade e ambiente (e.g., DROTA, SRA, DR Florestas, Agricultura).	WS	Agricultura e Florestas		Governança
		4.1.2. Melhorar a circulação e divulgação de informação e participar em projetos de cooperação sobre a adaptação da biodiversidade às alterações climáticas a nível regional, nacional (EN AAC) e na região da Macaronésia.	Adaptado EN AAC; WS		Nomeadamente para espécies migratórias (aves).	Conhecimento
	4.2 Cooperar no contexto Europeu e da ONU.	4.2.1. Propor a revisão dos estatutos de proteção de espécies e habitats a nível internacional.	Adaptado EN AAC; WS			Governança

EN AAC: Estratégia nacional de adaptação às alterações climáticas - sector biodiversidade.

WS: *Workshop* realizado na Madeira com agentes externos no dia 12 de Fevereiro.

Num 2º *workshop* selecionaram-se cinco medidas muito prioritárias e outras cinco consideradas apenas prioritárias (Tabela 15). Foi adicionada uma medida designada por “Extra 1: Garantir financiamento para sensibilização, implementação de ações, monitorização e estudos de longo prazo” que foi selecionada como uma das 5 medidas muito prioritárias. Apenas 4 das 10 medidas selecionadas foram totalmente consensuais entre os participantes do *workshop*. As restantes medidas foram selecionadas a partir dos resultados da votação individual, sendo escolhidas as que detinham pontuação mais elevada. A medida “2.1.3: Reduzir outras pressões antropogénicas sobre a biodiversidade” foi considerada pelos participantes pouco viável em termos práticos, mas bastante importante.

Na tabela 15 apresenta-se uma avaliação da área de atuação das medidas prioritárias numa das três grandes áreas: redução da vulnerabilidade às alterações climáticas, aumento do conhecimento e redução de outras pressões. Para a redução da vulnerabilidade foram consideradas medidas que, por exemplo, reduzissem as barreiras naturais e antropogénicas e aumentassem a capacidade de dispersão das espécies através de uma maior conectividade entre habitats (e.g., “2.1.1. Criar ou manter áreas de proteção, considerando os efeitos das alterações climáticas, para os ecossistemas e habitats mais vulneráveis”). Para o aumento do conhecimento foram selecionadas medidas que reduzissem as lacunas no conhecimento identificadas (e.g., “1.2.1. Criar um programa de monitorização regional com espécies indicadoras das alterações climáticas reunidos numa base de dados em formato SIG”), sendo que esta medida em específico pretende promover o conhecimento ao nível da fisiologia e fenologia das espécies, pois foram os fatores em que se identificaram as principais lacunas no conhecimento. E, por último, medidas que reduzissem outras pressões e aumentassem o estado atual de conservação dos grupos e habitats estudados (e.g., “1.1.2. Rever estatutos regionais de ameaça de espécies com base nos critérios definidos pela IUCN”).

Tabela 15 - Medidas de adaptação selecionadas como prioritárias, consenso na sua priorização, área de atuação e fatores de vulnerabilidade.

Medida de adaptação	Priorização	Consenso	Áreas de atuação
Extra 1. Garantir financiamento para sensibilização, implementação de ações, monitorização e estudos de longo prazo	Muito prioritária	Sim	- Redução da vulnerabilidade - Aumento do conhecimento - Redução de outras pressões
1.1.1. Estabelecer planos regionais de investigação de longo termo sobre os efeitos e formas de adaptação ao nível de comunidade, ecossistema, paisagem e de espécies terrestres.	Muito prioritária	Sim	- Aumento do conhecimento
1.1.2. Rever estatutos regionais de ameaça de espécies com base nos critérios definidos pela IUCN.	Muito prioritária	Não	- Redução de outras pressões
1.2.1. Criar um programa de monitorização regional com espécies indicadoras das alterações climáticas reunidos numa base de dados em formato SIG.	Muito prioritária	Sim	- Redução da vulnerabilidade - Aumento do conhecimento (eg., fisiologia e fenologia das espécies)
3.2.1. Implementar um programa de sensibilização sobre alterações climáticas e a biodiversidade.	Muito prioritária	Sim	- Redução de outras pressões
2.1.1. Criar ou manter áreas de proteção, considerando os efeitos das alterações climáticas, para os ecossistemas e habitats mais vulneráveis.	Prioritária	Não	- Redução de vulnerabilidade às alterações climáticas (e.g. barreiras naturais e

			antropogénicas; capacidade de dispersão) - Redução de outras pressões
2.1.2. Garantir a existência de uma paisagem diversificada que suporte uma rede de corredores ecológicos eficaz.	Prioritária	Não	- Redução de vulnerabilidade às alterações climáticas (e.g. barreiras naturais e antropogénicas; capacidade de dispersão) - Redução de outras pressões
2.1.3. Reduzir outras pressões antropogénicas sobre a biodiversidade.	Prioritária	Não	- Redução de outras pressões
2.2.3. Rever, implementar e fiscalizar planos de gestão e ação para espécies e habitats vulneráveis e áreas classificadas.	Prioritária	Não	- Redução de vulnerabilidade
4.1.2. Melhorar a circulação e divulgação de informação e participar em projetos de cooperação sobre a adaptação da biodiversidade às alterações climáticas a nível regional, nacional (ENAA) e na região da Macaronésia.	Prioritária	Não	- Aumento do conhecimento

4. Discussão

Nesta dissertação foi avaliada a vulnerabilidade às alterações climáticas de 64 espécies-alvo de 8 grupos taxonómicos e dos 4 habitats naturais terrestres que compõem o Arquipélago da Madeira (Capelo, 2004), foram identificados os grupos e habitats mais prioritários para a conservação e foram propostas medidas de adaptação face às vulnerabilidades identificadas.

Dada a grande diversidade de espécies endémicas da RAM (Borges et al., 2008; Cruz et al., 2009), não foi possível avaliar todas. No entanto, este estudo permitiu avaliar um grande conjunto de espécies e grupos taxonómicos de acordo com critérios definidos previamente, pelo que apresenta um contributo importante ao nível da gestão e conservação de espécies e habitats considerados como mais vulneráveis e para a implementação a Estratégia Regional de Adaptação às Alterações climáticas da RAM (Gomes et al., 2015).

4.1 Avaliação do método escolhido para a avaliação de vulnerabilidade

A avaliação da vulnerabilidade da biodiversidade às alterações climáticas é bastante complexa e apresenta-se como um grande desafio ao nível da integração e quantificação dos fatores que contribuem para a vulnerabilidade relativa (Williams et al., 2008).

A seleção da metodologia utilizada para avaliar a vulnerabilidade da biodiversidade depende dos dados disponíveis, do número de espécies-alvo e da disponibilidade de colaboração de especialistas (Cruz et al., 2015). No contexto da RAM existem ainda poucos conhecimentos a nível da distribuição, fisiologia e fenologia da maioria da biodiversidade. Estas limitações levaram a que fossem selecionados dois métodos distintos para avaliar a vulnerabilidade às alterações climáticas, um para as espécies-alvo dos diferentes grupos taxonómicos estudados e outro método para avaliar os habitats.

Dos três métodos possíveis para avaliar a vulnerabilidade das espécies-alvo, nomeadamente modelação bioclimática, índices de vulnerabilidade e *expert judgement* (Cruz et al., 2015), foi utilizado o índice de vulnerabilidade CCVI da *NatureServe* (Young

et al., 2011) com colaboração de especialistas dos diferentes grupos taxonómicos. O CCVI é útil sobretudo para obter uma medida relativa de vulnerabilidade entre espécies do mesmo grupo taxonómico, assim como, entre os vários grupos, tendo em conta fatores de exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa das espécies (Lankford, Svancara, Lawler & Vierling, 2014). Este método foi bastante útil pois permitiu extrapolar resultados a partir dos resultados da vulnerabilidade das espécies, tais como os principais fatores de vulnerabilidade para todas as espécies-alvo e para os três grandes grupos taxonómicos (plantas, invertebrados e vertebrados), identificar a confiança nos resultados, as principais lacunas no conhecimento e espécies prioritárias para conservação.

Apesar de este método de avaliação da vulnerabilidade ser vantajoso para definição de prioridades, apresenta limitações, tais como a necessidade de inclusão de informação referente a cenários climáticos regionalizados e limitações na avaliação de espécies migradoras e de ampla distribuição. Outra limitação identificada foi ao nível da seleção das espécies-alvo deste estudo, que apresentou alguma subjetividade e dificultou a comparação dos resultados entre grupos. A seleção foi feita com base em vários critérios, porém as espécies-alvo escolhidas dependeram da seleção realizada pelos especialistas envolvidos em cada grupo estudado e que foi condicionada pelo conhecimento existente para cada grupo. Se para alguns grupos como os répteis e os mamíferos, foi possível avaliar todas as espécies existentes no arquipélago, para outros grupos a seleção correspondeu a um grupo muito reduzido de espécies quando comparada com a diversidade total desse grupo (e.g. plantas vasculares). Como tal, o número de espécies-alvo variou consoante o grupo taxonómico e o conjunto de espécies selecionadas foi apenas uma amostra, não sendo estas representativas dos respetivos grupos e de toda a diversidade de espécies existente no Arquipélago da Madeira. Segundo Bellard e colegas (2012), na maioria dos estudos é analisada apenas uma pequena percentagem da biodiversidade conhecida. Conforme Thuiller e colegas (2011), todos os estudos são tendenciosos aquando a escolha dos grupos taxonómicos a estudar, concentrando-se maioritariamente no estudo de aves, plantas e mamíferos, contudo neste estudo, foram analisados o maior número possível de grupos com informação suficiente disponível que permitisse a sua avaliação e a obtenção de

resultados fiáveis. Uma possível solução seria a utilização de mais especialistas por grupo taxonómico que poderia reduzir a subjetividade na seleção das espécies-alvo, contudo seria necessária a disponibilidade dos mesmos em todas as fases do processo o que muitas vezes pode conduzir a uma limitação.

O método utilizado para avaliar a vulnerabilidade dos habitats terrestres foi *expert judgement*, recorrendo à informação dos modelos bioclimáticos (Cruz et al., 2009), à avaliação da vulnerabilidade das espécies que os compõem e ao conhecimento existente acerca do estado atual dos habitats. Este método apresenta bastantes vantagens, pois permite a avaliação da vulnerabilidade recorrendo à integração de várias fontes de conhecimento, identificar as principais lacunas a este nível e as incertezas existentes na avaliação da vulnerabilidade e é adequado quando não existe disponibilidade de dados ou a qualidade dos dados é reduzida, não estando por isso dependente da disponibilidade de modelos bioclimáticos (Cruz et al., 2015). Este método, tal como a utilização de índices de vulnerabilidade, está dependente da disponibilidade de colaboração de especialistas; porém apresenta uma maior subjetividade comparativamente com o método de avaliação anterior (Cruz et al., 2015).

4.2 Vulnerabilidade da biodiversidade terrestre

Os grupos terrestres com mais espécies-alvo classificadas como vulneráveis às alterações climáticas foram os grupos dos briófitos, das plantas vasculares e dos moluscos. Por outro lado, os grupos com mais espécies-alvo que podem beneficiar com as alterações do clima são os dos répteis e dos artrópodes. No entanto, dois fatores têm de ser tidos em conta quando comparamos os resultados obtidos para os diferentes grupos:

- 1) A seleção das espécies-alvo pelos especialistas está inevitavelmente sujeita a alguma subjetividade;
- 2) Para alguns grupos foram escolhidas maioritariamente espécies endémicas e para outros houve seleção de várias espécies exóticas.

Com efeito, as espécies avaliadas no grupo dos briófitos, das plantas e dos moluscos foram, na sua grande maioria, espécies endémicas (ver Anexo 3), que se

destacam pela sua importância óbvia para o património natural mundial. Em termos gerais, são espécies ainda pouco conhecidas, que exploram nichos ecológicos específicos, por vezes degradados, com baixos efetivos populacionais e áreas de distribuição restritas, pelo que podem ser particularmente vulneráveis (Thomas et al., 2004).

Para os grupos com mais espécies-alvo que podem beneficiar com as alterações climáticas (artrópodes e répteis) foi avaliado um maior número de espécies exóticas com elevado potencial de invasão (ver Anexo 3), pelo que este resultado era esperado. Em relação ao grupo dos répteis, dado serem ectotérmicos e beneficiarem de temperaturas elevadas, podem vir a beneficiar com os efeitos esperados das alterações climáticas (Araújo, Thuiller & Pearson, 2006). Com o presente estudo foi possível verificar que as espécies exóticas poderão vir a aumentar a sua área de distribuição no Arquipélago da Madeira. Com efeito, a relação entre as alterações climáticas e espécies exóticas invasoras constitui uma das principais preocupações para o futuro (Chapin et al., 2000) sendo que existem vários estudos que demonstram os efeitos negativos das alterações climáticas no aumento do potencial de invasão das espécies exóticas (e.g., Peterson, Stewart, Mohamed & Araújo, 2008). Estas espécies detêm um papel perturbador ao nível da interação com outras espécies e com os ecossistemas, pelo que apresentam uma elevada relevância uma vez que o âmbito do estudo é uma região insular, cujo equilíbrio dos ecossistemas tem dinâmicas únicas, fruto de anos de isolamento, que podem estar em causa aquando do aparecimento de espécies desestabilizadoras sendo, portanto, primordial a seu controlo e monitorização.

Para além da maioria das espécies exóticas, também algumas espécies endémicas que apresentam características generalistas em termos de habitat poderão beneficiar das alterações climáticas. Por exemplo, no grupo das aves foram avaliadas todas as espécies endémicas presentes no Arquipélago da Madeira e apenas as duas espécies de freira (*Pterodroma madeira* e *Pterodroma deserta*) foram consideradas vulneráveis às alterações climáticas, pois têm requisitos muito específicos em termos de habitat, em contraponto com as restantes espécies que não estão associadas a um habitat específico e têm distribuições mais alargadas.

Na avaliação da vulnerabilidade torna-se bastante útil identificar quais os fatores que limitam a capacidade adaptativa das espécies (Cruz et al., 2015), de forma a perceber quais os fatores que contribuíram para uma maior vulnerabilidade das espécies às alterações climáticas e poder identificar ações de gestão eficazes (Young et al., 2009). Os resultados obtidos permitiram constatar que os fatores associados à capacidade de dispersão das espécies, como as barreiras naturais e antropogénicas, são os fatores que se destacaram. Estes fatores apresentam uma grande importância, pois limitam a capacidade adaptativa das espécies caso as condições ambientais se alterem.

Um estudo semelhante realizado para avaliar a vulnerabilidade de espécies raras às alterações climáticas (Brinker & Jones, 2012), e que também utilizou o índice CCVI na sua avaliação, identificou os fatores relativos à capacidade de dispersão, às barreiras naturais e aos nichos fisiológicos de temperatura e humidade como os fatores mais importantes para a maior vulnerabilidade das espécies. Foram ainda identificados outros fatores que no presente estudo não obtiveram correlações significativas com a vulnerabilidade das espécies-alvo, nomeadamente as especializações ecológicas e o grau de especialização do habitat. Davison e colegas (2012) também concluíram que espécies associadas a determinados habitats ou tipos específicos de cobertura do solo apresentam uma maior vulnerabilidade. No presente estudo o nicho fisiológico foi identificado como um fator com grande contribuição para a vulnerabilidade, visto que está relacionado com a dependência das espécies de um regime de precipitação ou de condições específicas de humidade que poderão vir a sofrer uma redução significativa para toda a área de estudo. Também a dependência de temperaturas mais baixas poderá aumentar a vulnerabilidade das espécies. No entanto, algumas espécies poderão beneficiar com a potencial alteração do regime hidrológico e térmico como é o caso das espécies exóticas *Aedes aegypti* e *Acacia mearnsii*. Em relação a especializações ecológicas e ao grau de especialização do habitat, neste estudo não foram verificadas diferenças significativas entre espécies generalistas em termos de habitat e espécies com elevado grau de especialização, podendo este resultado dever-se à discrepância entre o número de espécies especialistas e generalistas selecionadas. Com efeito, a amostra de espécies-alvo com elevado grau de especialidade foi bastante reduzida, não se mostrando um fator determinante para a avaliação da vulnerabilidade.

Bagne & Finch (2010) identificaram a fenologia como um fator importante para a maioria das espécies avaliadas, tendo os resultados indicado que as alterações climáticas poderão ter um impacto na fenologia das espécies, nos sincronismos de recursos e na potencial flexibilidade dos sincronismos. No presente estudo a fenologia não foi considerada na análise de correlação efetuada para todas as espécies e grupos avaliados (plantas, invertebrados e vertebrados), pois apresentou respostas neutras ou desconhecidas para a maioria das espécies avaliadas. Este facto poderá evidenciar falta de conhecimento ao nível da fenologia das espécies-alvo.

Em relação aos habitats da ilha da Madeira considerados, segundo Cruz e colegas (2009), em termos gerais, as alterações climáticas irão promover a sua deslocação em altitude (dado que em latitude estão condicionados ao oceano Atlântico). No entanto, esta deslocação poderá estar limitada pelas pressões antropogénicas (como a pressão urbanística e poluição), fragmentação (como vales, montanhas e oceano no caso das ilhas desertas e selvagens), espécies exóticas (com características invasoras) e eventos climáticos extremos (como os fogos florestais).

Em geral os resultados apontam para uma maior vulnerabilidade do Maciço Montanhoso Central, que está condicionado ao topo de ilha da Madeira, pelo que não se poderá deslocar em altitude e apresenta um maior número de espécies-alvo consideradas vulneráveis. Casos semelhantes mas com séries de vegetação diferentes são os vários habitats das ilhas Desertas e Selvagens por serem relativamente pequenos e confinados no vasto oceano, assim como dos habitats Matagal do Marmulano e Zambujal Madeirense, que estão fortemente condicionados pela pressão urbana, agrícola e florestal das zonas costeiras da ilha da Madeira. A Laurissilva foi considerada um habitat vulnerável apesar de poder vir a aumentar a sua área de distribuição potencial com a deslocação em altitude das séries de vegetação devido ao efeito das alterações climáticas; porém estará condicionada pela topografia e substrato, assim como, pelo facto de a série Laurissilva Mediterrânea do barbusano estar significativamente condicionada à elevada pressão urbana, agrícola e florestal.

Estes resultados foram úteis para verificar que os habitats considerados mais vulneráveis, contudo esta análise apresenta limitações significativas, visto que a vulnerabilidade dos habitats está dependente do número de espécies selecionadas e da sua vulnerabilidade, não sendo por isso representativa da vulnerabilidade de todas as espécies associadas a estes habitats nem da vulnerabilidade dos próprios habitats.

A avaliação apresenta também algumas limitações que se devem, essencialmente, à falta de dados relativos à distribuição real dos habitats Matagal do Marmulano e Zambujal Madeirense, assim como relativos a modelação bioclimática, que poderiam ter reduzido as incertezas. De acordo com Hannah e colegas (2002) um dos fatores-chave necessários para os decisores políticos nas estratégias de conservação são os modelos bioclimáticos, sendo estes instrumentos importantes para a identificação dos impactos diretos do clima nas futuras distribuições e puder inferir quais as espécies, habitats e regiões que se encontram com maior risco às alterações climáticas.

Tão importante como avaliar a vulnerabilidade dos grupos e habitats, é de alguma forma utilizar essa avaliação para medir o nível de confiança nos resultados obtidos de onde serão extraídas as principais incertezas e lacunas no conhecimento (Glick, Stein & Edelson, 2011). Com efeito, muitas das medidas de adaptação às alterações climáticas identificadas em estudos e estratégias de adaptação dizem respeito à redução das lacunas de conhecimento (Heller & Zavaleta, 2009). A identificação da confiança nos resultados de vulnerabilidade e das principais lacunas no conhecimento torna-se, assim, um processo bastante útil para definir prioridades de investigação (Bagne & Finch, 2010).

Relativamente à confiança nos resultados de vulnerabilidade dos grupos taxonómicos em estudo e às principais lacunas no conhecimento, era esperada uma maior confiança para o grupo dos moluscos e dos répteis, visto existir um vasto conhecimento acerca da biologia e ecologia das espécies destes dois grupos taxonómicos. Porém, em relação ao grupo dos moluscos existem algumas incertezas associadas à reduzida informação sobre as possíveis alterações dos usos do solo que poderão surgir como forma de mitigação às alterações climáticas e no grupo dos répteis ao nível das respostas fenológicas, nomeadamente no que diz respeito à possibilidade

de antecipar ou adiar a reprodução consoante a temperatura e/ou a disponibilidade de alimento.

De uma forma geral, as principais lacunas no conhecimento identificadas referiram-se à biologia e ecologia, fisiologia, fenologia, nicho ecológico, variabilidade genética e alterações dos usos do solo devido às alterações climáticas, sendo que os fatores em que a maioria dos grupos evidencia elevadas falhas no conhecimento referem-se à fisiologia e fenologia das espécies.

A avaliação da vulnerabilidade realizada para os habitats estudados determinou falhas no conhecimento muito específicas, que poderão ser utilizadas como orientações para estudos futuros. Foi atribuída uma confiança baixa para os habitats Maciço Montanhoso Central e Laurissilva visto que, apesar de existir um estudo de modelação bioclimática (Cruz et al., 2009) para os mesmos, existem ainda lacunas substanciais no conhecimento que não permitem conferir uma maior confiança nos resultados. Por exemplo, a modelação feita para a Laurissilva considerou este habitat como um todo, muito embora esta se subdivida em três séries de vegetação diferentes de acordo com Capelo (2004): Laurissilva Mediterrânica do Barbusano (faciação infra-termo-mediterrânica sub-húmida inferior), Laurissilva Mediterrânica do Barbusano (faciação termomediterrânica húmida inferior) e Laurissilva Temperada do Til. No entanto, a confiança foi ainda menor para os habitats Matagal do Marmulano e Zambujal Madeirense, devido à ausência de estudos acerca da sua distribuição real, de modelação dos impactos que as alterações climáticas poderão ter nestes habitats e nas espécies que os compõem e de avaliação ter sido apenas baseada nas espécies dependentes dos mesmos.

4.3 Adaptação

A adaptação às alterações climáticas tornou-se num importante instrumento que é essencial ter em conta na gestão e conservação da biodiversidade (Glick et al., 2011, Heller & Zavaleta, 2009). Para elaborar uma proposta de medidas de adaptação é necessário identificar prioridades de conservação (Brooks et al., 2007; Freudenberger et al., 2013; Trouwborst, 2014) e, como tal, neste estudo foi avaliado o estado atual de conservação, que foi posteriormente comparado com as vulnerabilidades identificadas dos grupos e habitats em estudo. Os resultados obtidos permitiram definir grupos e habitats prioritários, que apresentam maiores necessidades em termos de conservação e adaptação às alterações climáticas (BMZ, 2014).

Através desta análise verificou-se que os habitats Matagal do Marmulano, Zambujal Madeirense e o grupo dos líquenes apresentam um estado de conservação inferior aos restantes grupos e habitats terrestres estudados, pelo que apresentam uma maior necessidade em termos de conservação. Este resultado reflete o facto de que para os habitats Matagal do Marmulano e Zambujal Madeirense existe um quase total desconhecimento ao nível dos impactos que as alterações climáticas poderão ter e que, ao mesmo tempo, apresentam um nível de proteção muito reduzido ou quase inexistente e não estão incluídos em nenhum plano/programa de conservação atual.

Ao nível dos grupos, os líquenes apresentaram um estado de conservação atual mais reduzido que os restantes, pelo que são, também prioritários em termos de conservação. Contudo, devido às espécies analisadas não estarem classificadas como vulneráveis na sua grande maioria, não se encontram como prioritários para adaptação às alterações climáticas. Com efeito, na maioria das políticas de conservação a temática das alterações climáticas, muitas vezes, não se encontra contemplada (Trouwborst, 2014). No entanto, foi possível verificar que neste estudo estas duas variáveis estão relacionadas com as prioridades identificadas pelos agentes externos.

Para a adaptação da biodiversidade terrestre da RAM, foram propostas no total 16 medidas de adaptação, sendo que a maior parte destas medidas se encontra nas dimensões do conhecimento e da governança devido, essencialmente, a dois aspetos:

- 1) À elevada necessidade de aumentar o conhecimento científico e tecnológico e reduzir as substanciais lacunas no conhecimento identificadas;
- 2) À necessária adequação das políticas de conservação atuais à temática das alterações climáticas e melhor articulação entre entidades competentes.

Algumas das medidas seleccionadas para a biodiversidade terrestre também abrangem outros sectores, como agricultura e florestas, recursos hídricos, turismo, entre outros. Esta importante sinergia e articulação entre setores é de extrema relevância para o desenvolvimento e implementação da Estratégia Regional de Adaptação às alterações Climáticas para a RAM, pois facilita a criação de medidas necessárias para os aspetos prioritários a adaptar (Gomes et al., 2015).

Segundo Glick e colegas (2011), as alterações climáticas poderão ter grandes impactos negativos para as espécies e ecossistemas naturais, promovendo a redução de habitat e propagação de espécies invasoras. Como tal, para reduzir esses fatores de ameaça é necessários aumentar a resiliência dos ecossistemas através de:

- 1) Gestão do funcionamento dos ecossistemas;
- 2) Melhoramento da conectividade entre habitats;
- 3) Implementação de gestão proactiva e de restauração.

De acordo com a revisão bibliográfica das principais recomendações das Estratégias de Adaptação às Alterações Climáticas para a biodiversidade realizada por Heller e Zavaleta (2009), também, concluem que as três recomendações mais frequentes são:

- 1) Aumentar a conectividade entre habitats, através de corredores verdes, redução das barreiras naturais que limitam a capacidade de dispersão, reflorestação;
- 2) Integração das alterações climáticas em exercícios de planeamento, através da criação de reservas e do controlo de pragas;
- 3) Mitigação de outro tipo de ameaças tais como espécies invasoras, fragmentação dos habitats e poluição.

No presente estudo, também foram identificados estes fatores como os principais a ter em conta nas medidas de adaptação, visto que podem promover a redução das vulnerabilidades identificadas para os grupos e habitats estudados. Outros estudos também chegaram às mesmas conclusões, recomendando medidas de adaptação nestas três principais categorias (e.g., Bertzky et al., 2011).

De acordo com a BMZ (2014), identificar as principais áreas de atuação para cada medida é uma das componentes a ter em conta na adaptação às alterações climáticas de forma a definir prioridades na adaptação. Como tal, de forma a priorizar foram selecionadas medidas que estão inseridas em três principais áreas de atuação: redução da vulnerabilidade, aumento do conhecimento e redução de outras pressões, tendo sido escolhidas aproximadamente o mesmo número de medidas para cada área de atuação. Verificou-se que quatro das medidas consideradas prioritárias se encontram na área do conhecimento, o que evidencia uma elevada necessidade por parte dos agentes externos de um incremento do conhecimento para fazer face às lacunas existentes, o que poderá contribuir para reduzir a vulnerabilidade e outras pressões. Por outro lado, quatro das medidas classificadas como prioritárias encontram-se nas áreas de atuação de redução da vulnerabilidade e de outras pressões mostrando que estas duas áreas de atuação são também bastante relevantes. No processo de identificação e priorização das medidas de adaptação é de salientar a importância da contribuição dos agentes externos nos dois *workshops* efetuados, pois promoveu um maior envolvimento de todas as partes interessadas, assim como, a validação dos resultados deste estudo. Segundo Glick e colegas (2011), o envolvimento de agentes externos apresenta quatro vantagens fundamentais para o processo de adaptação:

- 1) Fonte de dados e informação relevante;
- 2) Ajuda a definir os objetivos da adaptação;
- 3) Fornece o contexto político necessário;
- 4) Constitui um apoio fundamental para a adaptação.

Com efeito, o envolvimento dos agentes externos realizado no presente estudo, permitiu identificar medidas específicas para o Arquipélago e a sua priorização de

acordo com a realidade política local. Contudo, foi possível identificar uma limitação nesta fase do trabalho que foi a reduzida especificidade da maioria das medidas propostas tanto em termos de área geográfica como em termos de ação concreta a tomar, resultando em diretrizes de âmbito muito geral. Esta situação deveu-se ao facto de o conhecimento no terreno ser reduzido, sendo ainda necessário a recolha de mais informação antes da definição de ações concretas. Por exemplo, será necessário o mapeamento da área de distribuição real dos habitats Matagal do Marmulano e Zambujal Madeirense para se poder criar áreas de proteção considerando os efeitos das alterações climáticas nestes habitats (“2.1.1. Criar ou manter áreas de proteção, considerando os efeitos das alterações climáticas, para os ecossistemas e habitats mais vulneráveis”).

5. Considerações finais

A biodiversidade é um dos principais motivos pelos quais o Arquipélago da Madeira é conhecido e que está associada a setores económicos com grande impacto na região como é o caso do setor do Turismo, da Agricultura e Florestas, entre outros. Este trabalho constitui uma mais-valia mesmo tendo em conta as limitações que lhe são inerentes, pois contribui para a implementação da Estratégia Regional de adaptação às alterações climáticas no Arquipélago da Madeira para o setor da biodiversidade- É assim um instrumento relevante em termos de gestão do território que tem em conta os impactos das alterações climáticas na biodiversidade terrestre e que apresenta uma proposta de medidas de adaptação face a esses impactos.

Com este estudo foi possível avaliar a vulnerabilidade de 64 espécies de 8 grupos terrestres às alterações climáticas através da utilização do índice de vulnerabilidade CCVI da *NatureServe* (Young et al., 2011). Os resultados permitiram definir espécies e habitats prioritários em termos de conservação, de forma a produzir uma proposta de medidas de adaptação às alterações climáticas face potenciais impactos.

Este estudo evidenciou que é importante ter em conta os habitats Matagal do Marmulano e Zambujal Madeirense, pois foram considerados dos habitats mais vulneráveis com maiores necessidades de conservação devido a incertezas fundamentais relativas aos impactos que as alterações climáticas poderão ter nestes habitats, a substanciais lacunas no conhecimento, assim como, ao reduzido estado atual de conservação. Estes habitats são extremamente importantes para as espécies a eles associadas.

Os resultados da vulnerabilidade dos grupos e habitats terrestres estudados são importantes referências a ter ao nível da conservação da biodiversidade tendo em conta os efeitos das alterações climáticas, podendo ter um contributo relevante para futuras decisões políticas de gestão e conservação. Segundo Bellard e colegas (2012), os resultados da avaliação da vulnerabilidade dependem do método, dos grupos taxonómicos em estudo, das métricas de perda de biodiversidade, das escalas temporais e espaciais consideradas. Como tal, avaliar a vulnerabilidade utilizando os vários

métodos disponíveis poderia permitir a comparação entre os diferentes resultados obtidos pelos métodos utilizados (Davison et al., 2012; Small-Lorenz et al., 2013).

Atualmente, as alterações climáticas já estão a ter impactos significativos na biodiversidade, pelo que a adaptação poderá ser uma ação imediata para assegurar a persistência de muitas espécies e serviços de ecossistemas (Heller & Zavaleta, 2009). É necessária a implementação de Estratégias de Adaptação que façam face aos impactos esperados do clima na biodiversidade e que promovam uma maior resiliência dos sistemas naturais. Para tal, uma maior objetividade das medidas e articulação entre entidades competentes contribuirá para a implementação eficaz destas estratégias. As medidas propostas deverão ter em conta fatores como a conectividade entre habitats, integração das alterações climáticas em exercícios de planeamento e mitigação de outro tipo de ameaças, tais como espécies invasoras, fragmentação dos habitats e poluição.

Existem ainda muitas incertezas inerentes à avaliação da vulnerabilidade da biodiversidade que são um forte impedimento ao desenvolvimento de prioridades e de estratégias de adaptação eficazes (Bagne et al., 2011; Cruz et al., 2009; Heller & Zavaleta, 2009). Contudo, essa avaliação, ainda que limitada, pode ser um ponto de partida para um maior conhecimento ao nível dos impactos do clima na biodiversidade (Bagne & Finch, 2010).

Futuramente serão necessários mais estudos semelhantes que possam colmatar as limitações e falhas no conhecimento identificadas no presente trabalho. Em próximos estudos seria importante a colaboração de mais especialistas dos vários grupos taxonómicos de forma a existir uma maior colaboração e envolvimento entre peritos e que possa reduzir a subjetividade aquando a seleção das espécies e na própria avaliação da vulnerabilidade. É de extrema relevância avaliar espécies endémicas, exóticas e espécies indicadoras das condições microclimáticas dos ecossistemas de forma a analisar espécies que possam ser mais vulneráveis às alterações climáticas, espécies que possam também beneficiar com os efeitos das mesmas e que detenham um papel perturbador para as restantes espécies e ao nível dos ecossistemas e, sobretudo, espécies que sejam indicadoras de alterações ambientais, pois estas espécies apresentam uma rápida respostas à ocorrência de uma mudança em termos das

condições microclimáticas dos ecossistemas dependendo a sua presença e abundância destes, sendo a sua monitorização essencial para antecipar impactos futuros.

A presente dissertação promoveu um maior conhecimento nesta área, sendo que este estudo pode ser utilizado para outras espécies, grupos taxonómicos e habitats, assim como, para outras áreas ou regiões geográficas de forma a aumentar o conhecimento da vulnerabilidade da biodiversidade às alterações climáticas ao nível global e, por fim, reduzir os impactos esperados e promover uma melhor e mais eficaz gestão da conservação da natureza.

6. Referências bibliográficas

- APA (2015a). Estratégia nacional de adaptação às alterações climáticas. Agência Portuguesa do Ambiente (Website). Acedido 5 Maio, 2015, em <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=118&sub3ref=391>
- APA (2015b). Adaptação às alterações climáticas. Agência Portuguesa do Ambiente (Website). Acedido 5 Maio, 2015, em <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=118&sub3ref=392>
- Araújo, M.B., Guilhaumon F., Neto D.R., Pozo, I., & Calmaestra R. (2012). Biodiversidade e alterações climáticas/Biodiversidad y alteraciones climáticas. Lisboa/Madrid: Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território & Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Araújo, M.B., Thuiller, W., & Pearson, R.G. (2006). Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe. *Journal of Biogeography*, 33, 1712-1728.
- Araújo, P.R., Silva, E.P., Costa, T., Cruz, M.J., Avelar, D., & Pulquério, M. (2013). Estratégia nacional de adaptação às alterações climáticas - Sector da biodiversidade. Lisboa.
- Bagne, K.E., & Finch, D.M. (2010). An assessment of vulnerability of threatened, endangered, and at-risk species to climate change at the Barry M. Goldwater range, Arizona. Department of Defense Legacy Resource Management Program.
- Bagne, K.E., & Finch, D.M. (2012). Vulnerability of species to climate change in the Southwest: threatened, endangered, and at-risk species at the Barry M. Goldwater Range, Arizona. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-284. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
- Bagne, K.E., Friggens, M.M., & Finch, D.M. (2011). A System for Assessing Vulnerability of Species (SAVS) to Climate Change. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-257. Fort Collins,

- CO. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
- Bellard, C., Bertelsmeier, C., Thuiller, W., & Courchamp, F. (2012). Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology Letters*, 15, 365-377.
- Bertzky, M., Dickson, B., Galt, R., Glen, E., Harley, M., Hodgson, N., Keder, G., Lysenko, I., Pooley, M., Ravilious, C., Sajwaj, T., Schiopu, R., de Soye, Y., & Tucker, G. (2011). Impacts of climate change and selected renewable energy infrastructures on EU biodiversity and the Natura 2000 network: Summary report. Brussels:European Commission and International Union for Conservation.
- BMZ (German Federal Ministry for Economic Cooperation and Development) (2014). The vulnerability sourcebook: Concept and guidelines for standardised vulnerability assessments. Berlin, Germany: GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit).
- Borges, P.A., Abreu, C., Aguiar, A.M., Carvalho, P., Jardim, R., Melo, I., Oliveira, P., Sérgio, C., Serrano, A.R., & Vieira, P. (2008). A list of the terrestrial fungi, flora and fauna of Madeira and Selvagens archipelagos. Direcção Regional do Ambiente da Madeira e Universidade dos Açores, Funchal e Angra do Heroísmo.
- Brinker, S.R., & Jones, C. (2012) The vulnerability of provincially rare species (species-at-risk) to climate change in the Lake Simcoe Watershed, Ontario, Canada. Ontario: Ontario Legislative Library.
- Brooks, T.M., Mittermeier, R.A., da Fonseca, G.A., Gerlach, J., Hoffmann, M., Lamoreux, J.F., Mittermeier, C.G., Pilgrim, J.D., & Rodrigues A.S.L. (2006). Global Biodiversity Conservation Priorities. *Science*, 313, 58-61.
- Capelo, J. (2004). A paisagem vegetal da ilha da Madeira. *Quercetia*, 6, 3-200.
- Chapin F.S., Zavaleta E.S, Eviner V.T., Naylor R.L., Vitousek P.M., Reynolds H.L., Hooper D.U., Lavorel S., Sala O.E., Hobbie S.E., Mack M.C., Diaz S. (2000). Consequences of changing biodiversity. *Nature*, 405, 234-242.

- Coe, S.J., Finch, D.M., & Friggens, M.M. (2012). *An assessment of climate change and the vulnerability of wildlife in the Sky Islands of the Southwest*. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-273. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
- Comer, P.J., Young, B., Schulz, K., Kittel, G., Unnasch, B., Braun, D., Hammerson, G., Smart, L., Hamilton, H., Auer, S., Smyth, R., & Hak, J. (2012). Climate change vulnerability and adaptation strategies for natural communities: Piloting methods in the Mojave and Sonoran deserts: Report to the U.S. Fish and Wildlife Service. Arlington, VA: NatureServe.
- Cruz, M.J., Aguiar, R., Correia, A., Tavares, T., Pereira, J.S., & Santos, F.S. (2009). Impacts of climate change on the terrestrial ecosystems of Madeira. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 4, 413-422.
- Cruz, M.J., Robert, E.M.R., Costa, T., Avelar, D., Rebelo, R., & Pulquério, M. (2015). Assessing biodiversity vulnerability to climate change: testing different methodologies for Portuguese Herpetofauna. *Regional Environmental Change*, 1-12.
- Davison, J.E., Coe, S., Finch, D., Rowland, E., Friggens, M., & Graumlich, L.J. (2012). Bringing indices of species vulnerability to climate change into geographic space: an assessment across the Coronado national forest. *Biodiversity and Conservation*, 21, 189-204.
- European Commission (2009). White paper - Adapting to climate change: towards a European framework for action. Brussels: Commission of the European Communities.
- European Commission (2013a). Guidelines on climate change and Natura 2000: Dealing with the impact of climate change on the management of the Natura 2000 Network of areas of high biodiversity value. Technical Report: 2013-068.

- European Commission (2013b). Guidance on integrating climate change and biodiversity into strategic environmental assessment.
- European Environmental Agency (2008). Impacts of Europe's changing climate - 2008 indicator-based assessment. Joint EEA JRCWHO report: EEA Report No. 4/2008. Copenhagen: EEA.
- European Environmental Agency (2009). Progress towards the European 2010 biodiversity target. EEA Report No. 4/2009. Copenhagen: EEA.
- Freudenberger, L., Hobson, P., Schluck, M., Kreft, S., Vohland, K., Sommer, H., Reichle, S., Nowicki, C., Barthlott, W., & Ibisch, P.L. (2013). Nature conservation: priority-setting needs a global change. *Biodiversity and Conservation*, 22, 1255-1281.
- Friggens, M.M., Finch, D.M., Bagne, K. E., Coe, S. J., & Hawksworth, D.L. (2013). Vulnerability of species to climate change in the Southwest: Terrestrial species of the Middle Rio Grande. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-306. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
- Füssel, H.M. (2007). Adaptation planning for climate change: Concepts, assessment approaches, and key lessons. *Sustainability Science*, 2, 265-275.
- Glick, P., Stein, B.A., & Edelson, N.A. (Eds.) (2011) Scanning the conservation horizon: A guide to climate change vulnerability assessment. Washington D.C., National Wildlife Federation.
- Gomes, A., Avelar, D., Santos, F.D., Costa, H., & Garrett, P. (Eds.) (2015). Estratégias de adaptação às alterações climáticas da Região Autónoma da Madeira. Funchal: Secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais.
- Hamon, W.R. (1961). Estimating potential evapotranspiration. *Journal of Hydrology Division, Proceedings ASCE*, 87, 107-120.

- Hannah, L., Midgley, G.F., Lovejoy, T., Bond, W.J., Bush, M., Lovett, J.C., Scott, D., & Woodward, F.I. (2002). Conservation of biodiversity in a changing climate. *Conservation Biology*, 16, 264-268.
- Heller, N.E., & Zavaleta, E.S. (2009). Biodiversity management in the face of climate change: A review of 22 years of recommendations. *Biological Conservation*, 142, 14-32.
- IPCC (2007). IPCC Fourth Assessment Report (AR4). Watson, R.T. & the Core Writing Team (Eds.). Geneva, Switzerland: IPCC.
- IPCC (2014). Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. C.B. Field, V.R. Barros, D.J. Dokken K. (Eds.) UK and New York, USA: Cambridge University Press.
- Johnston, M., Price, D., L'Hirondelle, S., Fleming, R., & Ogden, A. (2010). Tree species vulnerability and adaptation to climate change: Final technical report. Saskatchewan Research Council.
- Kittel, T.G.F. (2012) The Vulnerability of Biodiversity to Rapid Climate Change. *Climate Vulnerability*, 185-201.
- Lankford, A.J., Svancara, L.K., Lawler, J.J., & Vierling, K. (2014). Comparison of climate change vulnerability assessments for wildlife. *Wildlife Society Bulletin*, 38, 386-394.
- Lin, B.B., & Morefield, P.E. (2011). The vulnerability cube: A multi-dimensional framework for assessing relative vulnerability. *Environmental Management*, 48, 631-643.
- Lovejoy T.E., & Hannah L. (Eds.) (2005). *Climate change and biodiversity*. New Haven and London: Yale University Press.
- Millenium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and human well-being*. Washington, DC: World Resources Institute.

- Peterson, A.T., Stewart, A., Mohamed, K.I. & Araújo, M.B. (2008). Shifting global invasive potential of european plants with climate change. PLoS ONE, 3, 1-7.
- Potter, K.M., & Crane, B.S. (2010). Forest tree genetic risk assessment system: A tool for conservation decisionmaking in changing times. User Guide Version 1.2.
- Rosenzweig, C., & Tubiello, F.N. (2007) Adaptation and mitigation strategies in agriculture: an analysis of potential synergies. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 12, 855-873.
- Santos, F.D., & Aguiar, R. (Eds.) (2006). CLIMAAT II, Impactos e medidas de adaptação às alterações climáticas no Arquipélago da Madeira. Funchal: Direcção Regional do Ambiente da Madeira.
- Santos, F.D., & Aguiar, R. (Eds.) (2009). Plano Estratégico do Concelho de Sintra face às Alterações Climáticas (PECSAC). Sintra: Câmara Municipal de Sintra.
- Santos, F.D., & Cruz, M.J. (2010) Plano Estratégico de Cascais face às Alterações Climáticas (PECAC). Cascais: Câmara Municipal de Cascais.
- Santos, F.D., & Miranda P. (Eds.) (2006). SIAM II, Alterações Climáticas em Portugal. Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação. Lisboa: Gradiva.
- Santos, F.D., Forbes, K., & Moita, R. (Eds.) (2002). SIAM I, Climate Change in Portugal, Scenarios, Impacts and Adaptation Measures. Lisbon: Gradiva.
- Small-Lorenz, S.L., Culp, L.A., Ryder, T.B., Will, T.C., & Marra, P.P. (2013). A blind spot in climate change vulnerability assessments. Nature climate change, 3, 91-93.
- SRA (2014). Jardim Botânico da Madeira: Vegetação. Secretaria Regional do Ambiente e dos Recursos Naturais (Website). Acedido 20 Novembro, 2015, em <http://goo.gl/CVi8Fh>
- Stenseth, N. (2008) Effects of climate change on marine ecosystems. Climate Research, 37, 121-122.

- Thomas, C.D., Cameron, A., Green, R.E., Bakkenes, B., Beaumont, L.J., Collingham, Y.C., Erasmus, B.F., Ferriera De Siqueira, M., Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, B., Van Jaarsveld, A.S., Midgley, G.F., Miles, L., Ortega-Huerta, M.A., Peterson, A.T., Phillips, O.L., & Williams, S.E. (2004). Extinction risk from climate change. *Nature*, 427, 145-148.
- Thuiller, W., Lavergne, S., Roquet, C., Boulangeat, I., Lafourcade, B., & Araujo, M.B. (2011) Consequences of climate change on the tree of life in Europe. *Nature*, 470, 531–534.
- Trouwborst, A. (2012) Transboundary wildlife conservation in a changing climate: adaptation of the Bonn Convention on migratory species and its daughter instruments to climate change. *Diversity*, 4, 258–300.
- Trouwborst, A. (2014) The habitats directive and climate change: Is the law climate proof? In C. Born, A. Cliquet, H. Schoukens, D. Misonne & G. van Hoorick (Eds.), *The Habitats Directive in its EU Environmental Law Context: European Nature's Best Hope?* (pp. 303-324). London: Routledge.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA) (2009). A framework for categorizing the relative vulnerability of threatened and endangered species to climate change. Washington, DC: National Center for Environmental Assessment.
- Vitt, P., Havens, K., Kramer, A.T., Sollenberger, D., & Yates, E. (2010). Assisted migration of plants: Changes in latitudes, changes in attitudes. *Biological Conservation*, 143, 18-27.
- Williams, S.E., Shoo, L.P., Isaac, J.L., Hoffmann, A.A., & Langham, G. (2008). Towards an integrated framework for assessing the vulnerability of species to climate change. *PLoS Biology*, 6, 2621-2626.
- World Meteorological Organization (1983). *Guide to climatological practices*. (2nd ed.). Geneva, Switzerland: WMO.

Young, B., Byers, E., Gravuer, K., Hall, K., Hammerson, G., & Redder, A. (2011). Guidelines for Using the NatureServe Climate Change Vulnerability Index. Arlington, VA: NatureServe.

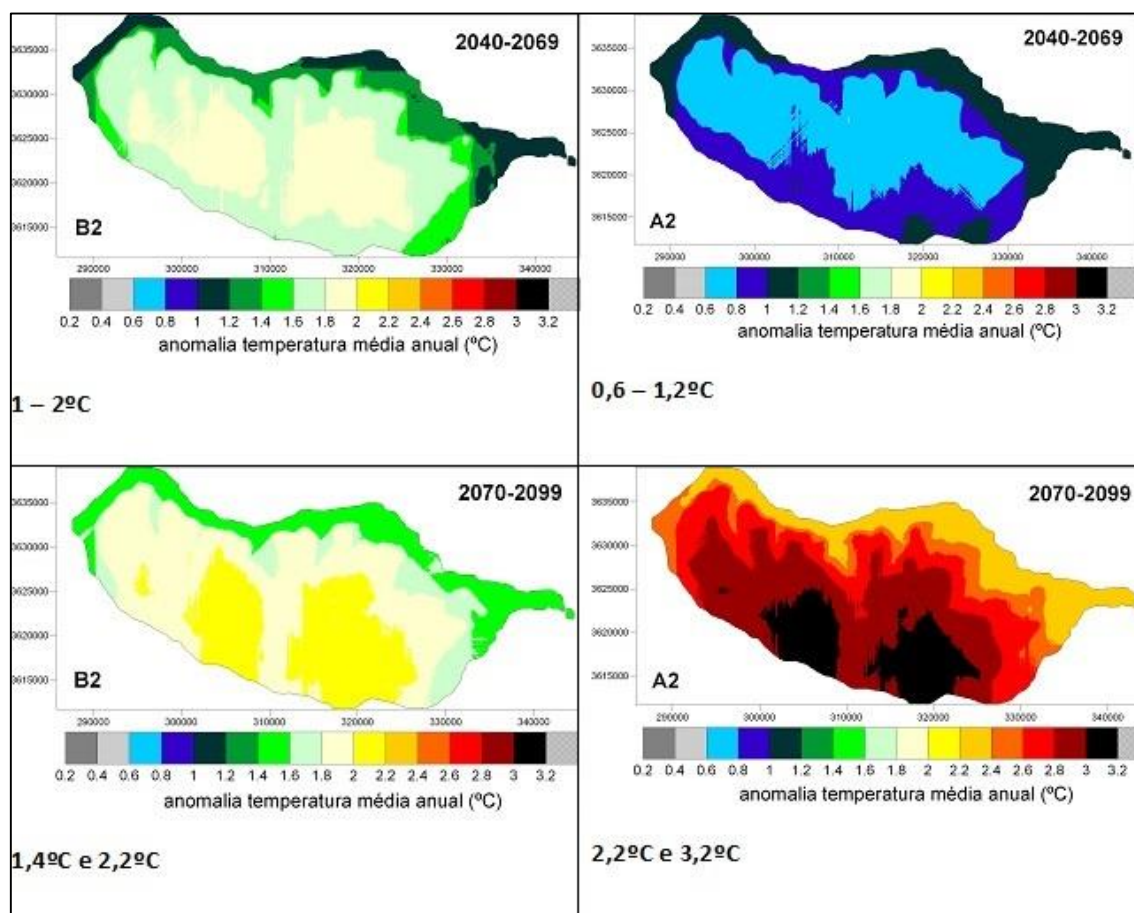
Young, B., Byers, E., Gravuer, K., Hall, K., Hammerson, G., Redder, A., Szabo, K., & Newmark, J. (2009). Using the NatureServe Climate Change Vulnerability Index: A Nevada Case Study. Arlington, VA: NatureServe.

7. Anexos

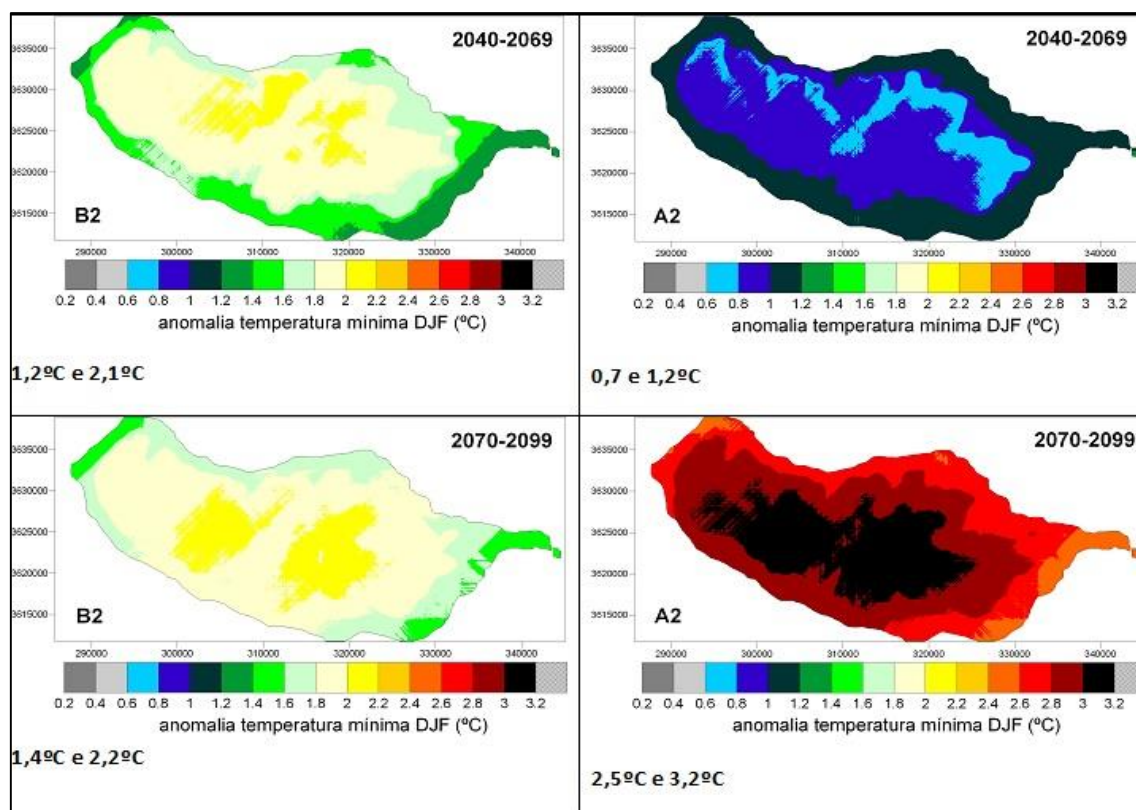
Anexo 1 - Alterações climáticas regionais (variáveis de referência segundo o IPCC). Fonte: Santos & Aguiar, 2006.

Temperatura

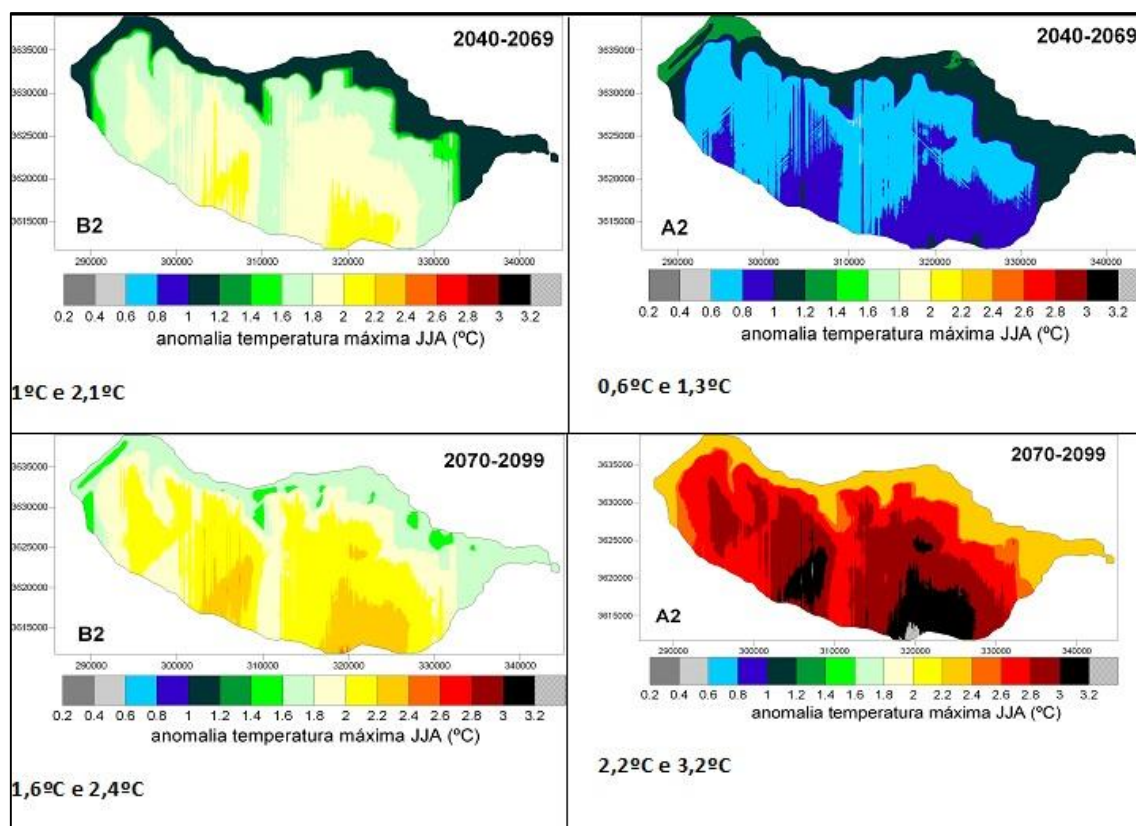
Variação média anual da temperatura da superfície em relação ao período de referência (1961 a 1990).



Variação média no inverno da temperatura da superfície em relação ao período de referência (1961 a 1990).

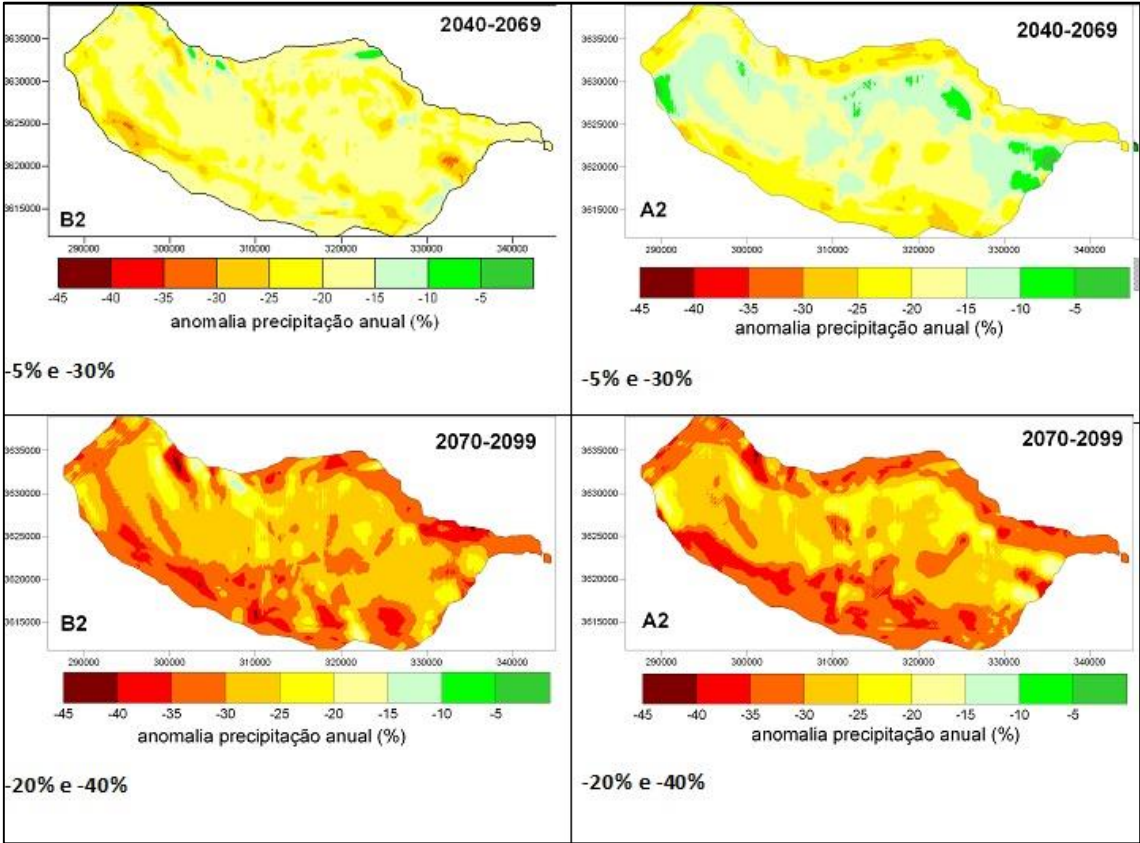


Variação média no verão da temperatura da superfície em relação ao período de referência (1961 a 1990).

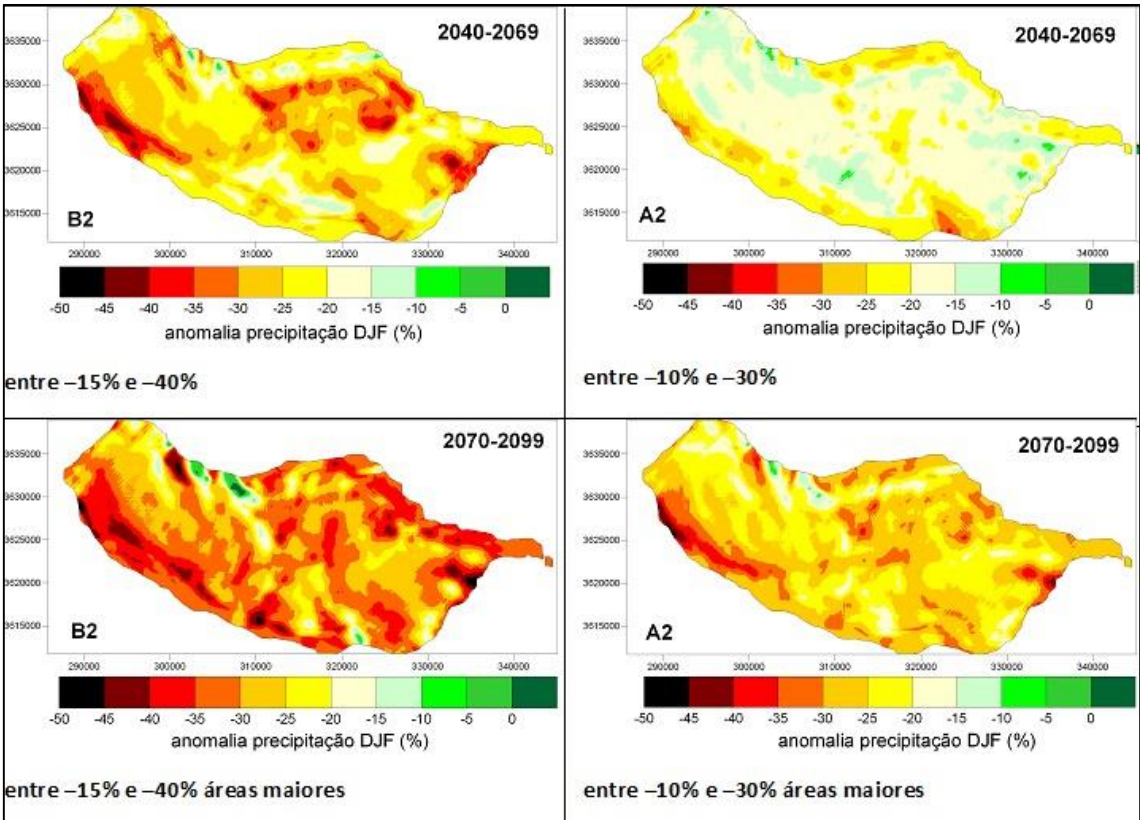


Precipitação

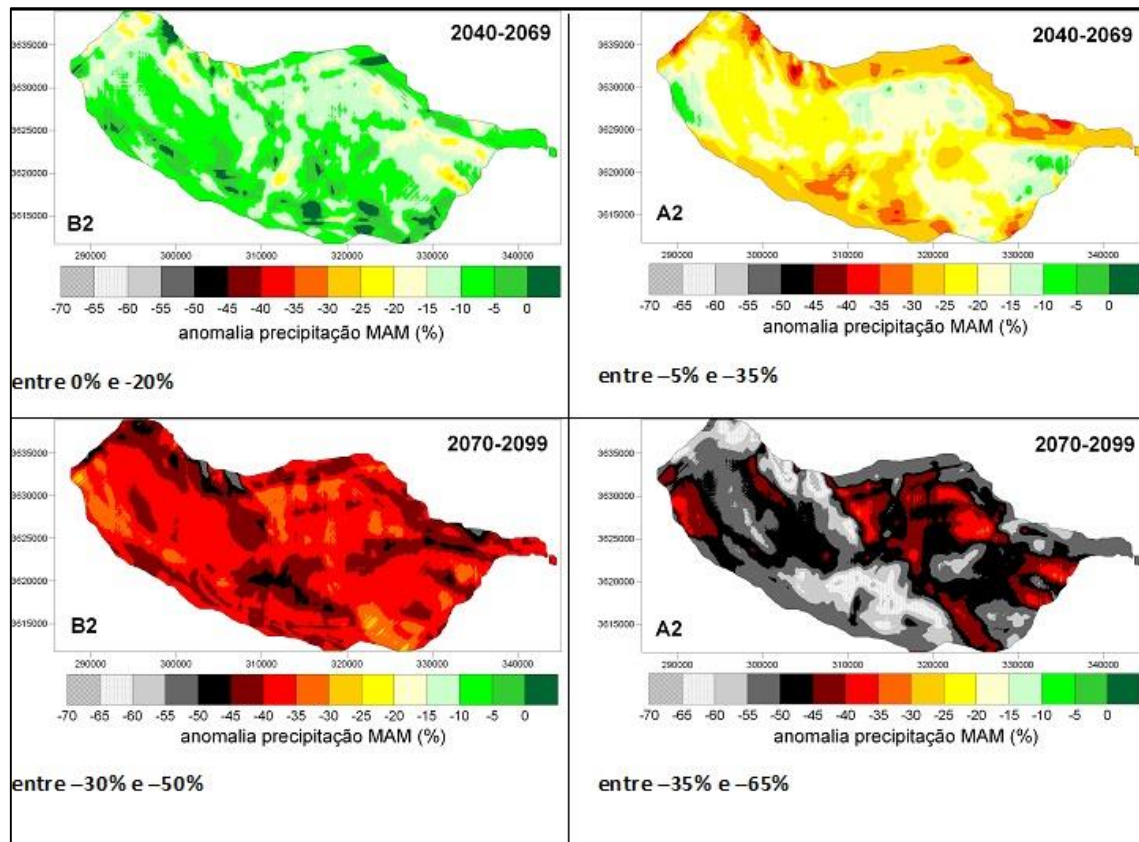
Variação da precipitação média anual em relação ao período de referência (1961 a 1990).



Variação da precipitação média no Inverno em relação ao período de referência (1961 a 1990).



Variação da precipitação média na Primavera em relação ao período de referência (1961 a 1990).



✓ Extremos de eventos de precipitação

Eventos extremos de precipitação nas latitudes médias e regiões tropicais húmidas, muito provavelmente, tornar-se-ão mais intensos e mais frequentes até o final deste século, seguindo o aumento da temperatura média global da superfície.¹

Atmosfera: Qualidade do Ar

- ✓ Ozono de superfície;
- ✓ Níveis de CH₄;
- ✓ Ozono (ppb)
- ✓ Níveis máximos de ozono e PM_{2.5}

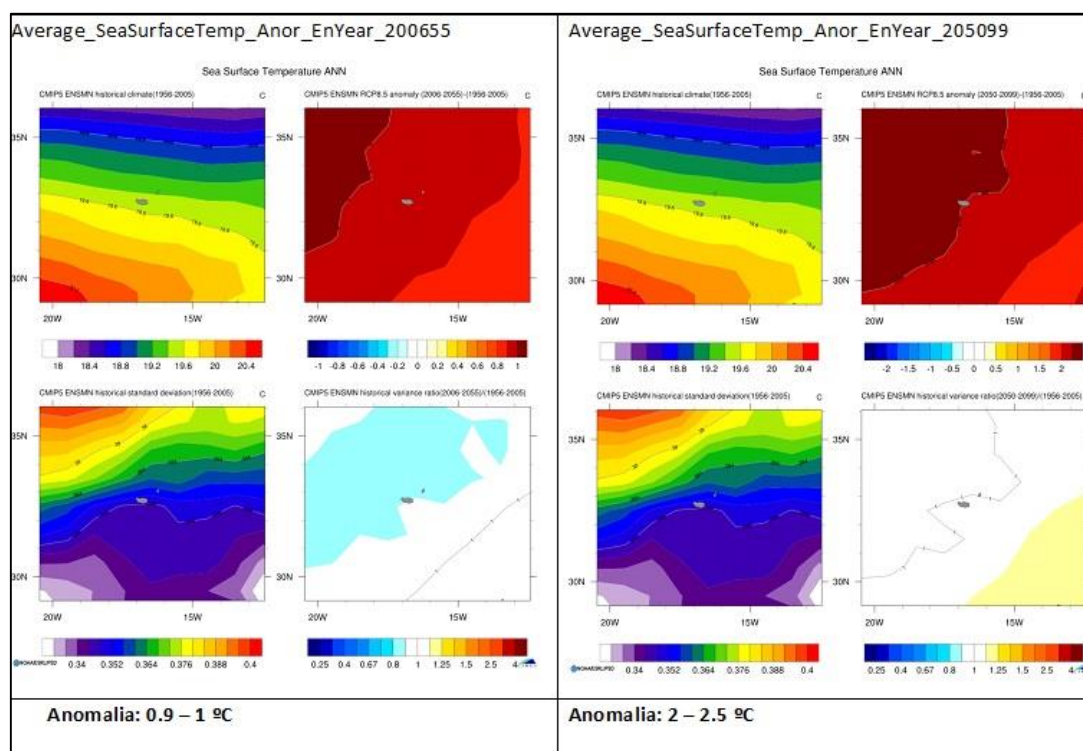
¹ WG1AR5

Oceano

A área de recolha de dados foi baseada na definição da Zona Económica Exclusiva (ZEE) da Madeira: 36.04 N; 29.15 S; - 20.46 W; -12.44 E



✓ Aquecimento do Oceano (° C) superfície;²



✓ Atlantic Meridional Overturning Circulation: redução ou colapso

http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch10s10-3-4.html

Nível do Mar

✓ Aumento do nível do mar para 2090-2099 em relação a 1980-1999; Expansão térmica do oceano

Table SPM.3. Projected global average sea level rise at the end of the 21st century³

² <http://www.esrl.noaa.gov/psd/ipcc/ocn/ccwp.html>

³ Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis

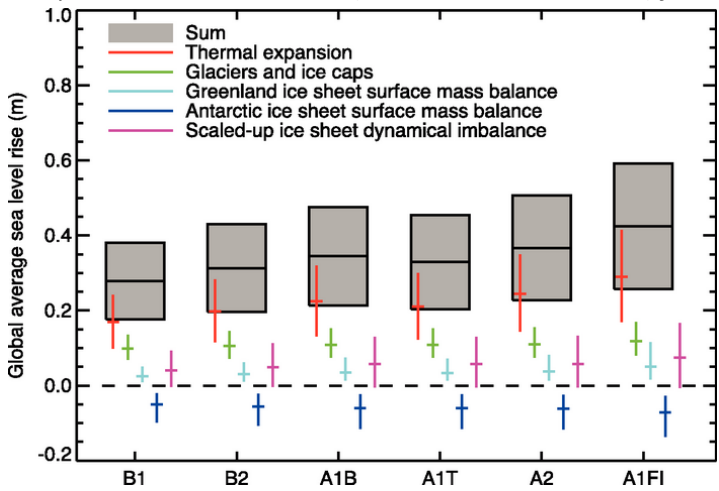
Nível do Mar

- ✓ Aumento do nível do mar para 2090-2099 em relação a 1980-1999; Expansão térmica do oceano

Table SPM.3. Projected global average sea level rise at the end of the 21st century⁴

Sea Level Rise (m at 2090-2099 relative to 1980-1999) Model-based range excluding future rapid dynamical changes in ice flow	
B1 scenario	0.18 – 0.38
B2 scenario	0.20 – 0.43

Projections and uncertainties (5 to 95% ranges) of global average sea level rise and its components in 2090 to 2099 (relative to 1980 to 1999) for the six SRES marker scenarios.⁵



- ✓ Percentagem de costa afetada.

⁴ Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis

⁵ Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis

Anexo 2 - Exemplo do índice CCVI aplicado ao grupo das plantas vasculares.

		Barreiras naturais		Barreiras antropogénicas	Mitigação às alterações climáticas	Capacidade de dispersão/movimentos	Nicho histórico - tolerância térmica	Nicho fisiológico - tolerância térmica	Nicho histórico - tolerância hídrica	Nicho fisiológico - tolerância hídrica	Dependência de um regime de distúrbios	Gelo/neve	Características geológicas incómunas	Dependência de outras espécies para criação de habitat	Dieta	Polinizadores	Dependência de outras espécies para dispersão	Interação com outras espécies	Variabilidade genética	Redução substancial da população "bottleneck"	Respostas fenológicas	Escala de vulnerabilidade [CLIMA-Madeira]	Confiança	Escala de confiança [CLIMA-Madeira]	Fatores sem resposta
Espécies	B1	B2a	B2b	B3	C1	C2ai	C2aii	C2bi	C2bii	C2c	C2d	C3	C4a	C4b	C4c	C4d	C4e	C5a	C5b	C6					
Aichryson dumosum_A2_B2_2020_2040	N	GI	GI	Inc	Inc	U	N	U	SI	Inc	N	Inc	N	N/A	N	N	N	U	U	N	Negativa [-1]	67%	Alta	33%	
Aichryson dumosum_A2_2070	N	GI	GI	Inc	Inc	U	N	U	SI	Inc	N	Inc	N	N/A	N	N	N	U	U	N	Crítica [-3]	67%	Alta	33%	
Aichryson dumosum_B2_2070	N	GI	GI	Inc	Inc	U	N	U	SI	Inc	N	Inc	N	N/A	N	N	N	U	U	N	Muito negativa [-2]	67%	Alta	33%	
Chamaemeles coriacea_A2_B2_2020_2040	N	Inc	GI	Inc	Inc	U	N	U	SI	Inc	N	N	N	N/A	N	N	N	U	U	N	Negativa [-1]	67%	Alta	33%	
Chamaemeles coriacea_A2_2070	N	Inc	GI	Inc	Inc	U	N	U	SI	Inc	N	N	N	N/A	N	N	N	U	U	N	Crítica [-3]	67%	Alta	33%	
Chamaemeles coriacea_B2_2070	N	Inc	GI	Inc	Inc	U	N	U	SI	Inc	N	N	N	N/A	N	N	N	U	U	N	Muito negativa [-2]	67%	Alta	33%	
Convolvulus massonii_A2_B2_2020_2040	N	SI	SI	SI	Inc	U	N	U	SI	Inc	N	N	N	N/A	N	N	N	U	U	N	Neutra [0]	67%	Alta	33%	
Convolvulus massonii_A2_2070	N	SI	SI	SI	Inc	U	N	U	SI	Inc	N	N	N	N/A	N	N	N	U	U	N	Muito negativa [-2]	67%	Alta	33%	
Convolvulus massonii_B2_2070	N	SI	SI	SI	Inc	U	N	U	SI	Inc	N	N	N	N/A	N	N	N	U	U	N	Negativa [-1]	67%	Alta	33%	
Polystichum drepanum_A2_B2_2020_2040	N	Inc	SI	SI	Inc	U	GI	U	GI	Inc	N	N	N	N/A	N	N	N	U	U	N	Negativa [-1]	67%	Alta	33%	
Polystichum drepanum_A2_2070	N	Inc	SI	SI	Inc	U	GI	U	GI	Inc	N	N	N	N/A	N	N	N	U	U	N	Crítica [-3]	67%	Alta	33%	
Polystichum drepanum_B2_2070	N	Inc	SI	SI	Inc	U	GI	U	GI	Inc	N	N	N	N/A	N	N	N	U	U	N	Muito negativa [-2]	67%	Alta	33%	
Sibthorpia peregrina_A2_B2_2020_2040	N	Inc	SI	SI	Inc	U	Inc	U	Inc	Inc	N	N	N	N/A	N	N	N	U	U	N	Negativa [-1]	67%	Alta	33%	
Sibthorpia peregrina_A2_2070	N	Inc	SI	SI	Inc	U	Inc	U	Inc	Inc	N	N	N	N/A	N	N	N	U	U	N	Crítica [-3]	67%	Alta	33%	
Sibthorpia peregrina_B2_2070	N	Inc	SI	SI	Inc	U	Inc	U	Inc	Inc	N	N	N	N/A	N	N	N	U	U	N	Muito negativa [-2]	67%	Alta	33%	
Pittosporum coriaceum_A2_B2_2020_2040	N	Inc	SI	SI	GI	U	Inc	U	GI	Inc	N	U	N	N/A	N	N	N	U	U	N	Negativa [-1]	63%	Alta	33%	
Pittosporum coriaceum_A2_2070	N	Inc	SI	SI	GI	U	Inc	U	GI	Inc	N	U	N	N/A	N	N	N	U	U	N	Crítica [-3]	63%	Alta	33%	
Pittosporum coriaceum_B2_2070	N	Inc	SI	SI	GI	U	Inc	U	GI	Inc	N	U	N	N/A	N	N	N	U	U	N	Muito negativa [-2]	63%	Alta	33%	
Sorbus maderensis_A2_B2_2020_2040	N	GI	N	N	Inc	U	Inc	U	GI	Inc	SI	N	N	N/A	N	N	N	U	Inc	N	Negativa [-1]	71%	Alta	33%	
Sorbus maderensis_A2_2070	N	GI	N	N	Inc	U	Inc	U	GI	Inc	SI	N	N	N/A	N	N	N	U	Inc	N	Crítica [-3]	71%	Alta	33%	
Sorbus maderensis_B2_2070	N	GI	N	N	Inc	U	Inc	U	GI	Inc	SI	N	N	N/A	N	N	N	U	Inc	N	Muito negativa [-2]	71%	Alta	33%	
Armeria maderensis_A2_B2_2020_2040	N	GI	N	N	Inc	U	Inc	U	GI	Inc	N	SI	N	N/A	N	N	N	SI	N/A	N	Negativa [-1]	75%	Alta	33%	
Armeria maderensis_A2_2070	N	GI	N	N	Inc	U	Inc	U	GI	Inc	N	SI	N	N/A	N	N	N	SI	N/A	N	Crítica [-3]	75%	Alta	33%	
Armeria maderensis_B2_2070	N	GI	N	N	Inc	U	Inc	U	GI	Inc	N	SI	N	N/A	N	N	N	SI	N/A	N	Muito negativa [-2]	75%	Alta	33%	
Saxifraga portosantana_A2_B2_2020_2040	N	GI	SI	SI	Inc	U	Inc	U	GI	Inc	N	SI	N	N/A	N	N	N	U	U	N	Negativa [-1]	67%	Alta	33%	
Saxifraga portosantana_A2_2070	N	GI	SI	SI	Inc	U	Inc	U	GI	Inc	N	SI	N	N/A	N	N	N	U	U	N	Crítica [-3]	67%	Alta	33%	
Saxifraga portosantana_B2_2070	N	GI	SI	SI	Inc	U	Inc	U	GI	Inc	N	SI	N	N/A	N	N	N	U	U	N	Muito negativa [-2]	67%	Alta	33%	
Acacia meamsii_A2_B2_2020_2040	N	N	N	N	SD	U	SD	U	N	Dec	N	N	N	N/A	N	N	N	U	U	N	Neutra [0]	67%	Alta	33%	
Acacia meamsii_A2_2070	N	N	N	N	SD	U	SD	U	N	Dec	N	N	N	N/A	N	N	N	U	U	N	Positiva [1]	67%	Alta	33%	
Acacia meamsii_B2_2070	N	N	N	N	SD	U	SD	U	N	Dec	N	N	N	N/A	N	N	N	U	U	N	Positiva [1]	67%	Alta	33%	
Falhas de conhecimento	0	0	0	0	0	30	0	30	0	0	0	3	0	0	0	0	0	27	24	0					

Anexo 3 - Resultados da vulnerabilidade dos grupos taxonómicos por espécie.

Líquenes								
Avaliadores: Cristina Branquinho*, Paula Matos* e Sara Ruas								
*cE3c - FCUL (Centre for Ecology, Evolution and Environmental Changes - Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa)								
Espécies-alvo	Critério de seleção	Habitat	Área de distribuição	Estatuto de ameaça (UICN)	A2 e B2_2020	A2 e B2_2040	A2_2070	B2_2070
<i>Graphis scripta</i>	Comum	Habitats costeiros	Ilha da Madeira	Não Avaliado (NE)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)
<i>Pseudocyphellaria crocata</i>	Cianolíquene	Laurissilva Temperada do Til	Ilha da Madeira	Não Avaliado (NE)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)
<i>Sphaerophorus globosus</i>	Habitat montanhoso	Maciço Montanhoso Central	Ilha da Madeira	Não Avaliado (NE)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)
<i>Nephroma areolatum</i>	Endémica muito rara	Laurissilva temperada do Til	Ilha da Madeira	Não Avaliado (NE)	NA*	NA*	NA*	NA*
<i>Parmotrema reticulatum</i>	Comum	Florestas Abertas	Ilha da Madeira	Não Avaliado (NE)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)
<i>Fellhanera seroexpectata</i>	Endémica mas ocorre em locais perturbados	Laurissilva	Ilha da Madeira	Não Avaliado (NE)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)
<i>Sticta canariensis</i>	Cianolíquene	Laurissilva temperada do Til	Ilha da Madeira	Não Avaliado (NE)	Neutra (0)	Neutra (0)	Muito negativa (-2)	Neutra (0)

<p align="center">Briófitos Avaliador: Manuela Sim-Sim* *cE3c - FCUL (Centre for Ecology, Evolution and Environmental Changes - Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa)</p>								
Espécies-alvo	Critério de seleção	Habitat	Área de distribuição	Estatuto de ameaça UICN	A2 e B2_2020	A2 e B2_2040	A2_2070	B2_2070
<i>Campylopus introflexus</i>	Exótica	Habitats alterados/eutrofizados como resultado da acção antropogénica humanizados.	Ilha da Madeira	Pouco Preocupante (LC)	Positiva (1)	Positiva (1)	Positiva (1)	Positiva (1)
<i>Andreaea flexuosa ssp. luisieri</i>	Endémica Madeira	Maciço Montanhoso central	Ilha da Madeira	Vulnerável (VU)	Neutra (0)	Neutra (0)	Negativa (-1)	Negativa (-1)
<i>Frullania sergiae</i>	Endémica Madeira	Habitats costeiros	Deserta Grande e Porto Santo	Vulnerável (VU)	Negativa (-1)	Negativa (-1)	Crítica (-3)	Muito negativa (-2)
<i>Riccia atlantica</i>	Endémica Madeira	Habitats costeiros	Ilha da Madeira e Desertas	Vulnerável (VU)	Negativa (-1)	Negativa (-1)	Crítica (-3)	Muito negativa (-2)
<i>Heteroschyphus denticulatus</i>	Endémica Macaronésia	Laurissilva Mediterrânica do Barbusano estendendo-se à laurissilva do Til	Arquipélago da Madeira, Açores e Canárias	Quase Ameaçado (NT)	Neutra (0)	Neutra (0)	Negativa (-1)	Neutra (0)
<i>Bryoxiphium madeirense</i>	Endémica Madeira	Laurissilva Temperada do Til	Ilha da Madeira	Em Perigo (EN)	Negativa (-1)	Negativa (-1)	Crítica (-3)	Muito negativa (-2)
<i>Fissidens nobreganus</i>	Endémica Madeira	Laurissilva Temperada do Til	Ilha da Madeira	Em Perigo (EN)	Negativa (-1)	Negativa (-1)	Crítica (-3)	Muito negativa (-2)

<i>Echinodium setigerum</i>	Endémica Madeira	Laurissilva Temperada do Til	Ilha da Madeira	Vulnerável (VU)	Negativa (-1)	Negativa (-1)	Crítica (-3)	Muito negativa (-2)
<i>Isothecium montanum</i>	Endémica Madeira	Maciço Montanhoso Central	Ilha da Madeira	Vulnerável (VU)	Negativa (-1)	Negativa (-1)	Crítica (-3)	Muito negativa (-2)
<i>Echinodium spinosum</i>	Endémica Madeira	Laurissilva Temperada do Til	Ilha da Madeira	Vulnerável (VU)	Neutra (0)	Neutra (0)	Crítica (-3)	Negativa (-1)

Plantas vasculares Avaliador: Roberto Jardim* *Universidade da Madeira								
Espécies-alvo	Critério de seleção	Habitat	Área de distribuição	Estatuto de ameaça (UICN)	A2 e B2_2020	A2 e B2_2040	A2_2070	B2_2070
<i>Aichryson dumosum</i>	Endémica	<i>Aichrysetum dumosi</i>	Ilha da Madeira	Criticamente em Perigo (CR)	Negativa (-1)	Negativa (-1)	Crítica (-3)	Muito negativa (-2)
<i>Chamaemeles coriacea</i>	Endémica	Zambujal Madeirense	Arquipélago da Madeira	Vulnerável (VU)	Negativa (-1)	Negativa (-1)	Crítica (-3)	Muito negativa (-2)
<i>Convolvulus massonii</i>	Endémica	Laurissilva Mediterrânica do Barbusano	Ilha da Madeira e Desertas	Vulnerável (VU)	Neutra (0)	Neutra (0)	Muito negativa (-2)	Negativa (-1)
<i>Pittosporum coriaceum</i>	Endémica	Laurissilva Temperada do Til	Ilha da Madeira	Criticamente em Perigo (CR)	Negativa (-1)	Negativa (-1)	Crítica (-3)	Muito negativa (-2)
<i>Polystichum drepanum</i>	Endémica	Laurissilva Temperada do Til	Ilha da Madeira	Pouco Preocupante (LC)	Negativa (-1)	Negativa (-1)	Crítica (-3)	Muito negativa (-2)
<i>Sibthorpia peregrina</i>	Endémica	Laurissilva Temperada do Til	Ilha da Madeira e Porto Santo	Criticamente em Perigo (CR)	Negativa (-1)	Negativa (-1)	Crítica (-3)	Muito negativa (-2)
<i>Sorbus maderensis</i>	Endémica	Maciço Montanhoso Central	Ilha da Madeira	Criticamente em Perigo (CR)	Negativa (-1)	Negativa (-1)	Crítica (-3)	Muito negativa (-2)
<i>Armeria maderensis</i>	Endémica	Maciço Montanhoso Central	Ilha da Madeira	Vulnerável (VU)	Negativa (-1)	Negativa (-1)	Crítica (-3)	Muito negativa (-2)
<i>Saxifraga portosanctana</i>	Endémica	Davallio canariensis - Saxifragetum portosanctanae	Porto Santo	Vulnerável (VU)	Negativa (-1)	Negativa (-1)	Crítica (-3)	Muito negativa (-2)
<i>Acacia mearnsii</i>	Exótica	Laurissilva	Ilha da Madeira	Não Avaliado (NE)	Neutra (0)	Neutra (0)	Positiva (1)	Positiva (1)

Moluscos Avaliador: Cristina Abreu* *Universidade da Madeira								
Espécies-alvo	Critério de seleção	Habitat	Área de distribuição	Estatuto de ameaça (UICN)	A2 e B2_2020	A2 e B2_2040	A2_2070	B2_2070
<i>Actinella nitidiuscula nitidiuscula</i>	Endémica	Matagal do Marmulano e Laurissilva mediterrânica do Barbusano	Ilha da Madeira	Pouco Preocupante (LC)	Negativa (-1)	Negativa (-1)	Crítica (-3)	Muito negativa (-2)
<i>Caseolus (Caseolus) calculus</i>	Endémica	Falésias de flora endémica das costas macaronésicas	Porto Santo	Vulnerável (VU)	Negativa (-1)	Negativa (-1)	Crítica (-3)	Muito negativa (-2)
<i>Caseolus (Helicomela) punctulatus punctulatus</i>	Endémica	Falésias de flora endémica das costas macaronésicas	Porto Santo	Pouco Preocupante (LC)	Negativa (-1)	Negativa (-1)	Crítica (-3)	Negativa (-1)
<i>Discula (Discula) calcigena calcigena</i>	Endémica	Falésias de flora endémica das costas macaronésicas	Porto Santo	Pouco Preocupante (LC)	Negativa (-1)	Negativa (-1)	Crítica (-3)	Muito negativa (-2)
<i>Discula polymorpha polymorpha</i>	Endémica	Matagal do marmulano. No solo de baixo de pedras e associada a erva e herbáceas	Ilha da Madeira e Ilhas Desertas	Pouco Preocupante (LC)	Negativa (-1)	Negativa (-1)	Crítica (-3)	Muito negativa (-2)
<i>Geomitra Turricula</i>	Endémica	Falésias de flora endémica das costas macaronésicas	Porto Santo	Vulnerável (VU)	Muito negativa (-2)	Muito negativa (-2)	Crítica (-3)	Crítica (-3)

<i>Idiomela subplicata</i>	Endémica	Matos termomediterrânicos pré desérticos	Porto Santo	Criticamente em Perigo (CR)	Muito negativa (-2)	Muito negativa (-2)	Crítica (-3)	Crítica (-3)
<i>Leptaxis membranacea</i>	Endémica	Laurissilva temperada do Til	Ilha da Madeira	Pouco Preocupante (LC)	Muito negativa (-2)	Muito negativa (-2)	Crítica (-3)	Crítica (-3)
<i>Leptaxis groviana groviana</i>	Endémica	Zambujal Madeirense; Matagal do Marmulano e Laurissilva mediterrânico do Barbusano	Ilha da Madeira	Pouco Preocupante (LC)	Muito negativa (-2)	Muito negativa (-2)	Crítica (-3)	Crítica (-3)
<i>Theba pisana</i>	Exótica	Matagal do marmulano	Arquipélago da Madeira	Não Avaliado (NE)	Neutra (0)	Neutra (0)	Negativa (-1)	Negativa (-1)

<p style="text-align: center;">Artrópodes Avaliadores: António M. Franquinho Aguiar * e Mário Boeiro** * LQA (Laboratório Químico Agrícola da Universidade de Évora) **cE3c - FCUL (Centre for Ecology, Evolution and Environmental Changes - Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa)</p>								
Espécies-alvo	Critério de seleção	Habitat	Área de distribuição	Estatuto de ameaça (UICN)	A2 e B2_2020	A2 e B2_2040	A2_2070	B2_2070
<i>Amara superans</i>	Endémica	Maciço Montanhoso Central	Ilha da Madeira	Não Avaliado (NE)	Negativa (-1)	Negativa (-1)	Muito negativa (-2)	Negativa (-1)
<i>Hipparchia maderensis</i>	Endémica	Sobretudo em prados de altitude	Ilha da Madeira	Pouco Preocupante (LC)	Neutra (0)	Neutra (0)	Negativa (-1)	Negativa (-1)
<i>Scarites abbreviatus</i>	Endémica	Vários habitats terrestres	Arquipélago da Madeira	Não Avaliado (NE)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)
<i>Linepithema humile</i>	Exótica	Zonas abertas a baixa altitude e ambientes humanizados	Arquipélago da Madeira	Não Avaliado (NE)	Neutra (0)	Neutra (0)	Positiva (1)	Positiva (1)
<i>Ocypus olens</i>	Exótica	Sobretudo em prados	Arquipélago da Madeira	Não Avaliado (NE)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)
<i>Ommatoiulus moreletii</i>	Exótica	Vários habitats terrestres	Arquipélago da Madeira	Não Avaliado (NE)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)
<i>Aedes aegypti</i>	Exótica	Habitats humanizados	Ilha da Madeira	Não Avaliado (NE)	Neutra (0)	Neutra (0)	Positiva (1)	Neutra (0)
<i>Tapinoma madeirense</i>	Nativa não endémica	Vários habitats terrestres	Arquipélago da Madeira	Não Avaliado (NE)	Neutra (0)	Neutra (0)	Negativa (-1)	Neutra (0)
<i>Deucalion oceanicum</i>	Endémica	Ilhéu de Fora	Selvagens	Não Avaliado (NE)	Negativa (-1)	Negativa (-1)	Crítica (-3)	Muito negativa (-2)
<i>Gonepteryx maderensis</i>	Endémica	Laurissilva e urzal de altitude	Ilha da Madeira	Em Perigo (EN)	Neutra (0)	Neutra (0)	Negativa (-1)	Negativa (-1)

Répteis Avaliador: Rui Rebelo* *cE3c - FCUL (Centre for Ecology, Evolution and Environmental Changes - Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa)								
Espécies-alvo	Critério de seleção	Habitat	Área de distribuição	Estatuto de ameaça (UICN)	A2 e B2_2020	A2 e B2_2040	A2_2070	B2_2070
<i>Tarentola boettgeri bischoffi</i>	Endémica	Todos os habitats terrestres	Selvagens	Vulnerável (VU)	Negativa (-1)	Negativa (-1)	Crítica (-3)	Negativa (-1)
<i>Teira dugesii</i>	Endémica	Todos os habitats terrestres	Arquipélago da Madeira	Pouco Preocupante (LC)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)
<i>Hemidactylus mabouia</i>	Exótica	Zambujal Madeirense e Matagal do Marmulano	Ilha da Madeira	Pouco Preocupante (LC)	Neutra (0)	Neutra (0)	Positiva (1)	Neutra (0)
<i>Tarentola mauritanica</i>	Exótica	Zambujal Madeirense e Matagal do Marmulano	Ilha da Madeira	Pouco Preocupante (LC)	Neutra (0)	Neutra (0)	Positiva (1)	Neutra (0)

<p style="text-align: center;">Aves Avaliador: Cátia Gouveia* *SPEA - Madeira (Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves)</p>								
Espécies-alvo	Critério de seleção	Habitat	Área de distribuição	Estatuto de ameaça (UICN)	A2 e B2_2020	A2 e B2_2040	A2_2070	B2_2070
<i>Pterodroma madeira</i>	Endémica	Maciço Montanhoso Central	Madeira (NID)**	Em Perigo (EN)	Neutra (0)	Neutra (0)	Negativa (-1)	Negativa (-1)
<i>Pterodroma deserta</i>	Endémica	Vegetação rasteira (Bugio)	Desertas (NID)**	Vulnerável (VU)	Neutra (0)	Neutra (0)	Negativa (-1)	Neutra (0)
<i>Buteo buteo harterti</i>	Subespécie endémica do Arq.	Zonas florestais, agrícolas, clareiras e áreas humanizadas	Madeira (NID)** , Porto Santo e Desertas	Pouco Preocupante (LC)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)
<i>Tyto alba schmitzi</i>	Subespécie endémica do Arq.	Zonas florestais, agrícolas, clareiras e áreas humanizadas	Madeira (NID)** Desertas	Pouco Preocupante (LC)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)
<i>Motacilla cinerea schmitzi</i>	Subespécie endémica do Arq.	Diverso, desde que associada a linhas de água	Madeira (NID)**	Pouco Preocupante (LC)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)

<i>Regulus madeirensis</i>	Endémica	Laurissilva	Madeira (NID)**	Pouco Preocupante (LC)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)
<i>Fringilla coelebs madeirensis</i>	Subespécie endémica da Macaronésia	Laurissilva	Madeira (NID)**	Pouco Preocupante (LC)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)
<i>Carduelis cannabina guentheri</i>	Subespécie endémica do Arq.	Vegetação rasteira ou áreas agrícolas	Madeira (NID)** Porto Santo	Pouco Preocupante (LC)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)
<i>Anthus berthelotii madeirensis</i>	Espécie endémica da Macaronésia	Vegetação rasteira	Madeira (NID)** Porto Santo (NID)** e Desertas (NID)**	Pouco Preocupante (LC)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)
<i>Columba trocaz</i>	Endémica	Laurissilva	Madeira (NID)**	Pouco Preocupante (LC)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)

** (NID) – Nidifica

Mamíferos Avaliador: Jorge Palmeirim* *cE3c - FCUL (Centre for Ecology, Evolution and Environmental Changes - Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa)								
Espécies-alvo	Critério de seleção	Habitat	Área de distribuição	Estatuto de ameaça (UICN)	A2 e B2_2020	A2 e B2_2040	A2_2070	B2_2070
<i>Pipistrellus maderensis</i>	Endémica	Todos os habitats terrestres	Arquipélago da Madeira	Em Perigo (EN)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)
<i>Nyctalus leisleri verrucosus</i>	Endémica	Laurissilva	Ilha da Madeira	Criticamente em Perigo (CR)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)
<i>Plecotus austriacus</i>	Nativa não endémica	Laurissilva	Arquipélago da Madeira	Pouco Preocupante (LC)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)	Neutra (0)

Anexo 4 - Lista de participantes nos *workshops*.

Participantes	1º <i>workshop</i>	2º <i>workshop</i>
Adalberto Carvalho Câmara Municipal de Machico		X
Adelaide Valente Direção Regional do Ordenamento do Território e Ambiente	X	X
Alexandre Correia Instituto Superior de Agronomia – Universidade de Lisboa	X	
Ana Dinis Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental da Madeira		X
Ana Gomes Faculdade de Ciências – Universidade de Lisboa	X	
Ana Maria Lebre Ana Maria Guedes Lebre, Unipessoal Lda.	X	
Ana Pinheiro Serviço Regional de Proteção Civil	X	X
Ana Salgueiro Centro de Investigação em Estudos Regionais e Locais – Universidade da Madeira	X	X
Andreia Gonçalves Faculdade de Ciências – Universidade de Lisboa	X	X
Antonieta Amorim Direção Regional de Pescas	X	X
António Olim Laboratório Regional de Engenharia Civil	X	
Aurélia de Sena Associação dos Jovens Agricultores da Madeira e Porto Santo	X	
Beatriz Jardim Empresa de Eletricidade da Madeira		X
Bernardo Araújo Direção Regional de Agricultura e Desenvolvimento Rural	X	
Carina Freitas Direção Regional do Ordenamento do Território e Ambiente	X	X
Cátia Gouveia SPEA Madeira	X	X
Cláudia Ribeiro Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental da Madeira	X	X
Cláudia Sá Câmara Municipal da Calheta	X	X
Cristina Abreu Instituto Português de Malacologia (Delegação Regional da Madeira)	X	X
David Avelar Faculdade de Ciências – Universidade de Lisboa	X	X
Dília Menezes Serviços do Parque Natural da Madeira	X	X

Dinarte Rodrigues ANA,S.A.	X	
Dores Vacas Instituto de Administração da Saúde e Assuntos Sociais	X	X
Duarte Barreto Direção Regional de Florestas e Conservação da Natureza	X	X
Duarte Costa Direção Regional do Ordenamento do Território e Ambiente	X	X
Eduardo Afonso Comando Operacional da Madeira	X	
Elizabeth Olival Agência Regional de Energia e Ambiente da RAM	X	X
Elsa Casimiro INFOTOX - Consultores de Riscos Ambientais e Tecnológicos, Lda.	X	
Énia Rodrigues Direção Regional do Ordenamento do Território e Ambiente		X
Énio Freitas Direção Regional de Turismo (<i>Visit Madeira</i>)	X	X
Eunice Pinto Direção Regional do Ordenamento do Território e Ambiente	X	
Eusébio Reis Instituto de Geografia e Ordenamento do Território – Universidade de Lisboa	X	X
Ferdinando Abreu Direção Regional de Florestas e Conservação da Natureza	X	
Fernando Silva Direção Regional do Comércio, Indústria e Energia	X	
Filipa Vasconcelos Faculdade de Ciências – Universidade de Lisboa	X	X
Filipe Alves Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental da Madeira		X
Filipe Duarte Santos Faculdade de Ciências – Universidade de Lisboa	X	X
Francisco Fernandes ANA,S.A.		X
Graça Mateus Serviços do Parque Natural da Madeira		X
Henrique Rodrigues Direção Regional do Ordenamento do Território e Ambiente	X	X
Hugo Costa Faculdade de Ciências – Universidade de Lisboa	X	X
Ilídio Sousa Associação Insular de Geografia	X	X
Joana Reis Universidade da Madeira	X	X
João Aveiro Direção Regional do Ordenamento do Território e Ambiente	X	X
João Canning-Clode Observatório Oceânico da Madeira	X	
João Daniel Gomes Luís Associação Insular de Geografia		X
João Delgado Direção Regional de Pescas	X	

João Rodrigues Direção Regional do Ordenamento do Território e Ambiente		X
José Lima Santos Instituto Superior de Agronomia – Universidade de Lisboa		X
José Marques Centro de Química da Madeira – Universidade da Madeira	X	X
José Spínola Câmara Municipal de Ribeira Brava	X	X
Laura Megia Banco de Germoplasma ISOPLEXIS – Universidade da Madeira	X	X
Lisandra Camacho Laboratório Regional de Engenharia Civil		X
Lívia Silva Câmara Municipal do Funchal		X
Luís Freitas Museu da Baleia	X	
Luís Ornelas Administração dos Portos da Região Autónoma da Madeira, SA	X	X
Luís Ribeiro Direção Regional de Agricultura e Desenvolvimento Rural		X
Madalena Fugaréu Águas e Resíduos da Madeira, S.A.		X
Mafalda Freitas Estação de Biologia Marinha do Funchal	X	X
Manuel Biscoito Câmara Municipal do Funchal	X	
Manuel Oliveira Direção Regional do Ordenamento do Território e Ambiente	X	X
Márcio Gouveia Câmara Municipal de Machico	X	X
Maria da Graça Aguiar Direção Regional de Agricultura e Desenvolvimento Rural	X	
Maria Gomes Direção Regional do Ordenamento do Território e Ambiente		X
Maria Gonçalves Direção Regional do Ordenamento do Território e Ambiente		X
Maria João Santos Agência Portuguesa do Ambiente		X
Miguel Carvalho Centro de Estudos da Macaronésia – Universidade da Madeira	X	
Nélia Sousa Águas e Resíduos da Madeira, S.A.	X	
Patrícia Caires Centro de Empresas e Inovação da Madeira	X	
Patrícia Freitas Direção Regional do Ordenamento do Território e Ambiente	X	X
Paula Pestana Instituto de Desenvolvimento Regional IP-RAM	X	X
Paulo Baptista Câmara Municipal de Santa Cruz	X	
Paulo Caneco Capitania do Porto do Funchal e do Porto Santo	X	

Paulo Oliveira Serviços do Parque Natural da Madeira	X	X
Paulo Silva Lobo Centro de Ciências Exatas e da Engenharia – Universidade da Madeira	X	X
Paulo Vieira Faculdade de Ciências – Universidade de Lisboa	X	X
Pedro Garrett Faculdade de Ciências – Universidade de Lisboa	X	X
Raimundo Quintal Amigos do Parque Ecológico do Funchal	X	
Renato Baptista Câmara Municipal de Santa Cruz		X
Ricardo Aguiar Consultor CLIMA-Madeira	X	X
Ricardo Araújo Museu de História Natural	X	
Rita Câmara Centro Hospitalar Funchal		X
Rita Rodrigues Câmara Municipal do Funchal		X
Roberto Faria Câmara Municipal do Funchal		X
Roberto Jardim Universidade da Madeira	X	
Rogério Murilhas Direção Regional do Ordenamento do Território e Ambiente		X
Sérgio Lopes Direção Regional de Infraestruturas e Equipamentos	X	X
Sérgio Lousada Centro de Ciências Exatas e da Engenharia – Universidade da Madeira	X	
Sílvia Costa Instituto de Desenvolvimento Regional IP-RAM		X
Sónia Freitas Câmara Municipal de Porto Santo	X	X
Sónia Gonçalves Câmara Municipal de Ponta do Sol	X	X
Sónia Ramos Direção Regional do Ordenamento do Território e Ambiente	X	X
Susana Prada Universidade da Madeira	X	
Urbano Gonçalves Direção Regional do Ordenamento do Território e Ambiente		X
Uriel Abreu Câmara Municipal de Câmara de Lobos	X	X
Victor Prior IPMA - Observatório do Funchal	X	
Vítor Barreto Universidade da Madeira		X
Virgílio Silva Amigos do Parque Ecológico do Funchal	X	X

